

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE FILOSOFIA
Departamento de Filosofía Teórica



TESIS DOCTORAL

**Walter Bradford Cannon : la institucionalización de la fisiología en la
universidad de Harvard durante la segunda mitad del siglo XIX y los
comienzos del XX**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Ramón Ortega Lozano

Director

José Luis González Recio

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE FILOSOFÍA
Departamento de Filosofía Teorética



**WALTER BRADFORD CANNON: LA
INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA FISIOLÓGÍA EN LA
UNIVERSIDAD DE HARVARD DURANTE LA SEGUNDA MITAD
DEL SIGLO XIX Y LOS COMIENZOS DEL XX**

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA POR
Ramón Ortega Lozano

Bajo la dirección del Doctor:
José Luis González Recio

Madrid, 2014

**WALTER BRADFORD CANNON: LA
INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA FISIOLÓGÍA EN LA
UNIVERSIDAD DE HARVARD DURANTE LA SEGUNDA MITAD
DEL SIGLO XIX Y LOS COMIENZOS DEL XX**

Trabajo presentado por

**D. Ramón Ortega
Lozano**

Dirigida por el Doctor

**D. José Luis González
Recio**

Profesor Titular de la Universidad
Complutense de Madrid

2014

Facultad de Filosofía
Departamento de Filosofía
Teorética



Universidad
Complutense
Madrid

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar mis agradecimientos mencionando a las cuatro personas que han leído este trabajo y cuyas recomendaciones y correcciones han ayudado a su redacción: mi director de tesis, José Luis González Recio, quien no sólo ha sido un guía sino también una fuente de inspiración para esta y otras tareas, convirtiéndose en ese mentor que, como se verá en las siguientes páginas, puede encontrarse en la relación Bowditch—Cannon o Ludwig—Bowditch; Juan Lázaro, cuyos conocimientos estilísticos han pulido el texto y detectado aquellos errores que yo ya era incapaz de percibir; William Orr, mi infatigable amigo, a quien pedí en repetidas ocasiones la revisión de cada capítulo, y que ha sido uno de los principales aliados que he tenido a lo largo de esta aventura; y finalmente mi padre, Ramón Ortega Hernández, quien, con su saber como médico y su destreza para la divulgación, me ayudó a comprender los intrincados caminos de la fisiología.

Esta tesis no hubiera llegado a buen puerto sin el apoyo de mi mujer, Ana Carballal, quien me ha acompañado constantemente, ofreciendome valiosos consejos y consiguiendo que se mantuviera en mí una gran motivación.

Debo mi reconocimiento igualmente a mi *Dissertation Support Team*, formado por Kika Beneyto, William Orr y Mar Ramos. Gracias por todas esas horas que hemos pasado juntos discutiendo sobre los apasionantes temas que cada uno de nosotros escogió para su tesis.

A José Miguel Hernández, mi amigo en el periodo de doctorado, que más de una vez me dio acceso a la biblioteca de Historia de la Medicina de la Universidad Complutense y que ha sido parte sustancial en mi formación como futuro doctor. Lo mismo he de decir de Jorge Álvarez Díaz, con quien intelectualmente he podido compartir distintos puntos de vista en muchos temas científicos y filosóficos.

No habría llegado jamás a este momento de mi trayectoria personal sin el actualmente extinto departamento de Humanidades de la Universidad Europea de Madrid. Gracias a sus miembros, conseguí mi primera formación en filosofía. Quiero destacar a mis profesores más queridos (algunos de ellos, ahora amigos): Ricardo Parellada, Txetxu Ausin, Juan Antonio Valor, Armando Menéndez, Jesús de Garay, Luis Arenas, Lourdes Rensoli, Vicente Serrano y David Teira.

Por último, deseo agradecer el apoyo de todos mis amigos y conocidos. Aquellos que me dieron palabras de aliento y que no puedo enumerar por miedo a incurrir en algún olvido imperdonable. Gracias a todos aquellos que han estado interesados en esta empresa, especialmente a mi madre.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	5
INTRODUCCIÓN.	6
Objetivo General:	12
Objetivos Particulares:	12
CAPÍTULO PRIMERO.- LA CONSOLIDACIÓN DE LA FISIOLOGÍA MECANICISTA Y EL DECLIVE DE LAS TEORÍAS VITALISTAS A LO LARGO DEL SIGLO XIX Y PRINCIPIOS DEL SIGLO XX	14
1.1. Promoción y desarrollo del mecanicismo	14
1.2. La fisiología del siglo XIX. Un triunfo sobre el vitalismo	16
1.3. El fenómeno de la institucionalización científica: la creación y consolidación del laboratorio de fisiología en Alemania y Estados Unidos	36
1.3.1. <i>El caso alemán</i>	36
1.3.2. <i>El caso americano</i>	44
1.4. La concepción mecanicista de la vida	47
1.5. Fisiología mecanicista	53
CAPÍTULO SEGUNDO.- CARL LUDWIG Y HENRY PICKERING BOWDITCH: LA HERENCIA QUE CONDUCE HASTA CANNON.	58
2.1. Contexto e influencia de los institutos de fisiología	58
2.2. Los materialistas médicos y el laboratorio de Carl Ludwig	60

2.2.1. <i>El Instituto de Fisiología de Leipzig</i>	64
2.2.2. <i>La propuesta de Carl Ludwig</i>	71
2.3. Una gran aventura: Henry P. Bowditch y el primer laboratorio de fisiología en Norteamérica	83
2.3.1. <i>Inicios</i>	83
2.3.2. <i>El Laboratorio de Harvard</i>	88
2.4. Los legados recibidos por Cannon	95

CAPÍTULO TERCERO.-

WALTER BRADFORD CANNON: VIDA Y OBRA	103
3.1. La división de la fisiología de Walter Cannon.	103
3.2. El camino hacia Harvard	106
3.3. La etapa mecanicista	112
3.3.1. <i>Estudios fisiológicos sobre la motilidad digestiva</i>	113
3.3.2. <i>Primeros enigmas</i>	116
3.4. Hacia una fisiología holista	121
3.4.1. <i>Estudios sobre la adrenalina</i>	122
3.4.2. <i>Estudios sobre el hambre y la sed</i>	134
3.4.3. <i>Estudios sobre los efectos de las emociones en el organismo</i>	138
3.4.4. <i>Estudios sobre el shock traumático</i>	145
3.5. Consolidación de la fisiología holista de Walter Cannon	153
3.5.1. <i>El triunfo de la teoría de la emergencia</i>	155
3.5.2. <i>La homeostasis como la clave de la sabiduría del cuerpo</i>	161
3.5.3. <i>Últimos estudios</i>	173

CAPÍTULO CUARTO.- EL ENTORNO CIENTÍFICO

Y FILOSÓFICO DE WALTER CANNON	177
--------------------------------------	-----

4.1. Encuentros y concordancia teórica	177
4.2. Los procesos de integración en la sangre y los nomogramas de Henderson	180
4.2.1. <i>Cannon y Henderson: el Instituto Lowell</i>	188
4.2.2. <i>Comparación de las teorías holistas de Henderson y Cannon</i>	190
4.3. La aportación de Whitehead al organicismo	194
4.3.1. <i>De las matemáticas a la filosofía</i>	196
4.3.2. <i>La teoría del organismo como introducción a la concepción filosófica de Whitehead sobre el mundo biológico</i>	197
4.3.3. <i>Whitehead en la Universidad de Harvard</i>	207
4.4. John Scott Haldane y la filosofía de la biología	214
4.4.1 <i>Vida y aportaciones científicas</i>	216
4.4.2. <i>Sobre los límites del mecanicismo</i>	221
4.4.3. <i>Propuestas filosóficas de Haldane</i>	227
4.5. La inexistencia de una verdadera influencia recíproca	231
4.6 Cannon y su relación con Ivan Pavlov	234

CAPÍTULO QUINTO.- ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS Y METODOLÓGICOS EN LA FISIOLÓGÍA DE WALTER CANNON

5.1. El camino de un investigador	237
5.2. Implicaciones filosóficas de la fisiología holista de Cannon	238
5.2.1. <i>Supuesta influencia de Claude Bernard en la concepción de la 'homeostasis'</i>	241
5.2.2. <i>Epistemología y teleología en la fisiología de Cannon</i>	251
5.2.3. <i>El organismo como modelo ético de la organización social</i>	269
5.2.4. <i>Metodología y fisiología experimental en Walter Cannon</i>	278
5.3. La contribución de Cannon a la institucionalización de la fisiología en Harvard	287

5.4.1. <i>El método de casos</i>	289
5.3.2. <i>Los aparatos de medición y las técnicas de investigación en el laboratorio de Harvard</i>	294
CONCLUSIONES.	302
BIBLIOGRAFÍA	317
<i>Obras de Walter B. Cannon</i>	317
<i>Estudios y monografías sobre Walter B. Cannon</i>	319
<i>Otros estudios y monografías</i>	321
<i>Obras de Carácter General</i>	326
ENGLISH SUMMARY .	328
<i>Summary</i>	328
<i>General Objective</i>	331
<i>Main Conclusions</i>	331

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Número de contribuciones originales a la fisiología en Alemania, Francia, Inglaterra y Estados Unidos.	39
Figura 2.1. Descripción del Instituto de Fisiología de Leipzig, en 1870, por Henry Pickering Bowditch.	68
Tabla 2.1. Inventos y descubrimientos de Carl Ludwig.	79
Figura 2.2. Gráfica de contracción con efecto escalera.	87
Figura 2.3. Aparato de respiración artificial .	93
Figura 3.1. Dibujo hecho por Cannon del aparato diseñado para medir la coagulación sanguínea.	132
Figura 3.2. Técnica del saco de la vena cava	158
Figura 5.1. Dibujo de Cannon del aparato diseñado para medir el nivel de adrenalina a través de un segmento de intestino	297
Imagen 5.1. Arturo Rosenblueth, Walter Cannon y Juan García Ramos en el laboratorio de fisiología de Rosenblueth en el Instituto Nacional de Cardiología	301

INTRODUCCIÓN

Walter Bradford Cannon es una de las figuras más trascendentales de la fisiología de principios del siglo XX. Entre sus estudios aún vigentes, emerge como una contribución capital la descripción de los procesos homeostáticos. El término “homeostasis”, por él acuñado, da nombre a un concepto clave de la biología de los últimos doscientos años. Cannon, junto a Lawrence Joseph Henderson y John Scott Haldane, encarna la culminación de un período crucial para la fisiología holista. A partir de sus aportaciones, el organismo vivo será estudiado como un todo cuyas partes están estrechamente relacionadas, y sobre el que es necesaria una investigación que abarque sus diferentes niveles (órganos, sistemas, el organismo completo), si se quiere comprender la verdadera naturaleza de sus funciones específicas.

Hablar de institucionalización de la fisiología experimental equivale a hablar de la institucionalización del laboratorio de fisiología. A lo largo de este trabajo se ha intentado dar respuesta a una serie de cuestiones relativas a la figura de Walter Cannon y su relación con el laboratorio de fisiología de la Universidad de Harvard. Muy principalmente, se ha procurado estudiar el proceso de institucionalización de la fisiología en Estados Unidos promovido por dicha universidad. Entre aquellas cuestiones podemos destacar las siguientes: ¿cómo se dio el paso desde las concepciones del vitalismo y de la *Naturphilosophie* al mecanicismo fisiológico?; ¿qué papel desempeñó la institucionalización de la fisiología en el triunfo de dicho mecanicismo?; ¿por qué el laboratorio de Leipzig, dirigido por Carl Ludwig, se convirtió en el modelo que había que seguir en la construcción y diseño de laboratorios de experimentación en fisiología?; ¿cómo influyó Carl Ludwig en Henry Pickering Bowditch, creador del laboratorio de Harvard?; ¿qué relación intelectual y profesional mantuvieron Bowditch y Cannon? Cannon es considerado uno de los principales representantes de la fisiología holista en Estados Unidos. Sin embargo, proviene de una tradición mecanicista, y esto lleva a la pregunta: ¿comenzó siendo un fisiólogo holista o fue cambiando su posición a lo largo de su carrera científica? A su vez, Cannon estuvo relacionado con otros fisiólogos y filósofos que sostuvieron ideas que podrían calificarse como organicistas: ¿puede decirse que recibió una influencia directa y

determinante de alguno de estos fisiólogos o filósofos de su entorno para crear su propia fisiología holista?

También se intentará analizar la posición holista de Cannon con el propósito de responder a las siguientes preguntas: ¿cuál es la concepción que Cannon tiene del organismo?; ¿existe, además de un holismo de base, una visión teleológica de los procesos fisiológicos?; ¿para llegar a la definición de la teoría de la emergencia¹ y la descripción de los procesos homeostáticos se hizo necesaria la adopción de una postura teleológica?; ¿de qué modo utiliza la perspectiva epistemológica de la teleología para investigar los procesos fisiológicos?; ¿se podría entender a Cannon como uno de los padres indirectos de la cibernética?

Finalmente, se intentará dar respuesta a las preguntas que surgen sobre su papel en la institucionalización de la fisiología dentro de la Universidad de Harvard: ¿en qué modelo se apoyó para dirigir el laboratorio de Harvard?; ¿qué similitudes y qué diferencias guardaba el laboratorio a cargo de Cannon con aquel de Leipzig bajo la supervisión de Ludwig?; ¿se puede decir que su laboratorio ayudó a difundir la fisiología holista?; ¿servirá el laboratorio de Harvard como modelo de nuevos laboratorios de fisiología?

Para poder responder a estas preguntas, el presente trabajo cuenta con cinco capítulos que intentarán conducir al lector a través de la historia de la institucionalización de la fisiología, desde finales del siglo XIX hasta principios del XX. La intención es llegar a explicar cómo se produjo la consolidación científica del laboratorio de Harvard, origen de la formación de Walter Cannon.

En el primer capítulo se mostrará que la fisiología holista surge como una respuesta al materialismo mecanicista que se consolidó durante el siglo XIX. A su vez,

¹ La teoría de la emergencia es una de las aportaciones fundamentales de Cannon que se examinará pormenorizadamente en este trabajo. En ella aparecen implicaciones teleológicas que se analizarán en los siguientes capítulos ligadas a su definición de la homeostasis. Por este motivo, se irá haciendo referencia a ella constantemente a lo largo de las páginas que siguen. Es necesario especificar que “emergencia” aquí se usa bajo su significado común de “situación de peligro o desastre que tiene una acción inmediata” o urgente (Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española www.rae.es) y no en el sentido frecuente que se da al término en la filosofía de la biología y las ciencias de la vida: “[...] las leyes de la vida no pueden deducirse, según J.S. Mill, de las leyes de sus ingredientes, pero los hechos de la vida pueden deducirse de leyes relativamente simples de la vida. Tenemos, pues, por un lado, una reducibilidad (en algunos aspectos) y por otro una irreducibilidad (en otros aspectos) lo cual insinúa la posibilidad de emergencias.” (Ferrater Mora, J., (2001): *Diccionario de Filosofía*, Editorial Ariel, Barcelona, p. 991). Lo emergente según otros autores tiene que ver con que un nivel dentro de un sistema es emergente respecto a un nivel anterior y conlleva siempre una cualidad nueva. (Véase Ferrater Mora, J. (ed.) (2001): *Diccionario de Filosofía*, Editorial Ariel, Barcelona, p. 991).

la fisiología mecanicista es considerada la puerta de entrada a las investigaciones de esta disciplina desde una perspectiva propiamente científica, especialmente porque se enfrenta a las teorías vitalistas y de la *Naturephilosophie*. Tres han sido las razones principales que se han dado para explicar este acontecimiento: el positivismo de Auguste Comte, la teoría de la evolución de las especies de Darwin y los progresos en física y química aplicados al mundo biológico. Sin embargo, existe otro elemento de vital importancia que los estudiosos de todo este proceso han interpretado como incluido en la última de estas tres razones: lo que aquí llamaremos *el fenómeno de la institucionalización de la fisiología experimental*, es decir, la construcción y desarrollo de laboratorios investigación fisiológica. Será a lo largo de este primer capítulo donde se expondrá el contexto que da paso a la consolidación de la fisiología mecanicista con ese enfoque experimental.

El segundo capítulo seguirá centrándose en la institucionalización de la fisiología, pero atendiendo al caso de Estados Unidos, entre finales del siglo XIX y comienzos del XX, y más específicamente a la fundación del laboratorio de fisiología en la Universidad de Harvard. Este instituto-laboratorio, fundado por Henry Pickering Bowditch, estuvo dirigido por Cannon, discípulo de Bowditch, desde 1906 hasta 1942. El laboratorio de Harvard se construyó siguiendo el modelo del laboratorio de Leipzig: el mejor ejemplo de la consolidación de la fisiología experimental durante el siglo XIX; un centro cuyo principal inspirador fue Carl Ludwig y que se convirtió en el centro desde el que se difundió la fisiología mecanicista. Cannon es un producto, en realidad, del desarrollo de la fisiología que comienza en la segunda mitad del siglo XIX en Alemania. Lo fue gracias a la influencia de su mentor, Henry Pickering Bowditch, quien hizo una estancia de investigación en el instituto de Leipzig bajo la dirección de Ludwig. Bowditch aprendió la metodología mecanicista y asumió sus principios epistemológicos. A su vuelta a los Estados Unidos funda el primer laboratorio de fisiología de Norteamérica en la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard. Por esta razón, el segundo capítulo muestra la cadena de influencias que pasa de Ludwig a Bowditch, y de Bowditch a Cannon.

Una vez examinada esta línea de influencias, el tercer capítulo presenta el corpus teórico de la fisiología de Walter Cannon. Se verá cómo Cannon heredó de Bowditch (e indirectamente de Ludwig) el modelo mecanicista de investigación fisiológica. Sin embargo, conforme avanzó en sus investigaciones, comenzó a tener reservas sobre la

concepción mecanicista del organismo y, con el paso del tiempo, se alejó de esta postura para adherirse a la fisiología holista. Sin embargo, tal paso es progresivo y parte de su primera formación mecanicista. Se mostrará que fue en el seno de su trabajo experimental donde Cannon encontró una serie de enigmas que le llevaron a tener que adentrarse en el estudio de niveles jerárquicos cada vez más elevados, hasta concebir el organismo como un todo. Sólo a partir del estudio cronológico de su obra es posible observar que sus primeras investigaciones fueron mecanicistas; cómo, conforme avanzaron sus trabajos y surgieron los primeros enigmas, comenzó a dar pequeños pasos hacia el holismo —acuñando su teoría de la emergencia— y, finalmente, por qué, en la descripción de los procesos homeostáticos se le puede considerar completamente holista.

El cuarto capítulo está orientado hacia la descripción del entorno científico y filosófico de Cannon. Él no fue el único fisiólogo holista de comienzos del siglo XX; convivió con otros fisiólogos, teóricos y filósofos cuyas investigaciones y especulaciones se encontraban en sintonía con las suyas. Dos figuras de su entorno fueron Lawrence Joseph Henderson y Alfred North Whitehead. El primero de ellos trabajó también como profesor e investigador en Harvard; el segundo fue invitado a dar clases de filosofía en esta misma universidad y una serie de conferencias en el Instituto Lowell. Otra figura próxima es la de John Scott Haldane, con quien Cannon colaboró durante su estancia en Francia a lo largo de la Primera Guerra Mundial y con quien después conservó el contacto. Será en este cuarto capítulo donde se explicará la cercanía de estos autores en los aspectos más filosóficos y teóricos de su concepción del organismo. Se ha intentado, por ello, estudiar si existe una influencia de estos científicos en el desarrollo de los trabajos y las obras de Cannon, o bien si sus respectivas investigaciones fueron desarrollándose de forma independiente. Para Garland Allen, la figura de Whitehead es la del intelectual que consigue organizar y dar coherencia teórica al materialismo holista en Harvard. Sin embargo, tal idea se discutirá y pondrá en duda, mostrándose que cada uno de estos fisiólogos (Cannon y Henderson en especial) consiguió de forma independiente el soporte filosófico de sus respectivas teorías. Por otro lado, es cierto que tanto Cannon como Henderson, Whitehead y Haldane pueden englobarse bajo el rótulo de organicistas. Ya fuese por sus investigaciones fisiológicas o por sus raíces filosóficas, supieron proyectar el análisis fisiológico-holista, llevándolo en algunos casos —como ocurre con Haldane y

Whitehead— a una concepción del universo, entendido como un gran organismo en el que todo está relacionado.

Por último, el quinto capítulo procura explorar los aspectos teóricos y filosóficos de la fisiología de Walter Cannon. Se intenta contestar a las siguientes preguntas: ¿cuál es la forma de organizar la investigación fisiológica desde una perspectiva holista?; ¿existe en Cannon una concepción teleológica de la vida?; ¿cómo aprovecha esa concepción teleológica en sus estudios fisiológicos; ¿qué tipo de metodología utiliza. También se profundiza en la posible influencia que se atribuye a la noción de *milieu intérieur* de Claude Bernard sobre la concepción de la *homeostasis*. Y, finalmente, se examina la relación que mantuvo Walter Cannon con el fenómeno de la institucionalización de la fisiología experimental.

Estas páginas preliminares deben detenerse brevemente en algunos de los recursos y fuentes empleados para la realización del presente trabajo, si bien su recuento pormenorizado y completo aparece al final del mismo. La investigación no hubiese sido posible sin acudir a volúmenes generales de literatura secundaria. Son ejemplos de ello obras como la *Historia de las ciencias* de Stephene F. Mason, la *Historia Universal de la Medicina* bajo la dirección de Pedro Laín Entralgo o, de este mismo autor, *Ciencia, técnica y medicina* y *La medicina hipocrática*, así como *A Short History of Medicine* de Erwin H. Ackernecht. También *El poder de la ciencia* y *El canon científico* de José Manuel Sánchez Ron. Pero, sin duda, son libros más específicos sobre historia y filosofía de la biología los que aportaron más luz en los inicios del trabajo para poder conducir la investigación hacia lugares más concretos y recónditos. Por mencionar algunos, debe citarse la obra de David Hull, *Philosophy of Biological Science*, el libro editado por Francisco Ayala y Theodosius Dobzhansky, *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*, y el capítulo de Felice Mondella “Biología y Filosofía” dentro del texto de Ludovico Geymonat, *Historia del pensamiento filosófico y científico*. Más adelante, para comenzar a comprender el paso de la fisiología mecanicista a la holista, fue fundamental el libro de William Coleman, *La Biología en el Siglo XIX. Problemas de forma, función y transformación*, y el de Garland Allen, *Las Ciencias en la vida en el siglo XX*, así como su artículo titulado “Mechanism, Vitalism and Organicism in Late Nineteenth and Twentieth-Century Biology: The importance of historical context” publicado en la revista *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*. Dos textos fundamentales para conocer la institucionalización de

la investigación experimental son, por un lado, el editado por William Coleman y Frederic L. Holmes, *The Investigative Enterprise: Experimental physiology in the nineteenth century medicine*, y por otro, *The laboratory revolution in medicine*, editado por Andrew Cunningham y Perry Williams. Finalmente, para obtener información sobre el curso de la ciencia en Harvard, resulta imprescindible el libro editado por Clark Elliot y Margaret Rossiter: *Science at Harvard University: Historical perspectives*. Tan sólo se hace esta rápida mención a la literatura secundaria, pero en el índice bibliográfico se podrá ver el extenso conjunto de fuentes que fue necesario consultar para recopilar datos sobre los temas expuestos.

Una vez contextualizadas las cuestiones generales, se hizo necesario comenzar la búsqueda de autores que trataran de forma específica los temas centrales en torno a la figura de Walter Cannon. Se ha revisado una vasta lista de artículos entre los que puede resaltarse el estudio de William Albury y Stephen Cross: “Walter B. Cannon, L. J. Henderson and the Organic Analogy”; el de Donald Fleming: “Walter B. Cannon and Homeostasis” y el artículo de Bradford Cannon (el hijo de Cannon), que publicó para la revista *Abdominal Imaging*, titulado: “Walter Bradford Cannon: Reflections on the man and his contributions”. Sin embargo, son dos los libros que merece la pena reseñar en esta introducción y una tesis doctoral no publicada todavía. En cuanto a los libros, es obligada la referencia a la exhaustiva biografía de Walter Cannon realizada por Saul Beninson, A. Clifford Barger y Elin Wolfe: *Walter B. Cannon: The life and times of a young scientist*, y *Walter B. Cannon, Science and Society*.² En cuanto a la tesis doctoral, se está haciendo referencia a la de Hugo Abate: *Walter B. Cannon y la “muerte vudú”: una exploración en las fronteras de la biomedicina*, presentada en 2007 en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. Ambas aportaciones han resultado fundamentales para obtener gran cantidad de material sobre la figura del fisiólogo norteamericano, pero no han sido las únicas de interés. Por ejemplo, el libro editado por Chandler Brooks, Kiyomim Koizumi y James Pinkston: *The Life and Contributions of Walter Bradford Cannon 1871—1945: his influence on the development of physiology*

² Entre estos dos libros publicaron un artículo (Beninson, Saul; Barger A. Clifford; Wolfe, Elin (1991): “Walter B. Cannon and the Mystery of Shock: A study of Anglo-American Co-operation”, *Medical History*, Boston, April, 35(2), pp. 216-249.), pero su contenido aparece prácticamente intacto en el segundo libro mencionado de estos autores.

in the twentieth century, por mencionar otro volumen sobre la obra de Walter Cannon, también fue de utilidad.

Para cada autor con algún protagonismo dentro de la investigación, como pueden ser Carl Wilhelm Ludwig, Henry Pickering Bowditch, Claude Bernard, Alfred North Whitehead, John Scott Haldane o Lawrence Joseph Henderson, se ha acudido a sus propias obras, como es obligado, y a los estudios especializados sobre ellas.

Por último, pero constituyendo, no obstante, el centro primario y capital de la labor que ha supuesto la presente investigación, son las publicaciones de Cannon —su examen, su estudio y su interpretación— las fuentes que han servido de columna vertebral a las páginas que siguen.

Para concluir este apartado introductorio, tiene importancia adelantar los objetivos que se han perseguido.

Objetivo General:

Explicar los aspectos históricos, teóricos y filosóficos de la fisiología de Walter Bradford Cannon, a través de la influencia que recibió de Henry P. Bowditch, e indirectamente, a través de este, de Carl Ludwig; una secuencia cuyo principal nexo es la progresiva institucionalización de la fisiología experimental, gracias al nacimiento y desarrollo de dos institutos de investigación: el laboratorio de Leipzig y el laboratorio de Harvard.

Objetivos Particulares:

- 1) Defender que el fenómeno de la institucionalización del *laboratorio de fisiología* fue un aspecto fundamental para el triunfo del mecanicismo fisiológico.
- 2) Mostrar el papel capital que jugó el laboratorio de Leipzig .
- 3) Conocer la influencia epistemológica y metodológica que recibe Cannon de su mentor Bowditch.
- 4) Explicar, a través de los trabajos de Cannon, el paso que éste dio desde una fisiología mecanicista a una fisiología holista.

- 5) Ejemplificar con la biografía intelectual de Cannon cómo la asunción de la fisiología holista se basó en la previa aceptación del mecanicismo.
- 6) Indagar cuál fue la influencia que pudo recibir Walter Cannon de otros autores de su entorno científico y filosófico.
- 7) Explicitar los supuestos epistemológicos, así como los rasgos metodológicos, que se aúnan en la fisiología de Cannon.
- 8) Matizar la supuesta influencia de Claude Bernard sobre Cannon.
- 9) Mostrar el papel que tuvo Walter Cannon en la institucionalización de la fisiología experimental, al ser el director del laboratorio de Harvard de 1906 a 1942.

CAPÍTULO PRIMERO.- LA CONSOLIDACIÓN DE LA FISIOLÓGÍA MECANICISTA Y EL DECLIVE DE LAS TEORÍAS VITALISTAS A LO LARGO DEL SIGLO XIX Y PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

1.1. Promoción y desarrollo del mecanicismo

Durante el siglo XIX y los comienzos del siglo XX se consolidan importantes conocimientos dentro del ámbito de la biología, principalmente a partir de la formulación de la teoría de la evolución, de la genética clásica y del surgimiento de la biología molecular. A su vez, en esta época, se ha conseguido un admirable progreso en los dominios de la fisiología, tanto animal como vegetal. Sin embargo, junto al desarrollo de las investigaciones biológicas y fisiológicas llevadas a cabo en los laboratorios, en el terreno filosófico se plantearon una serie de problemas relacionados con los fundamentos de estas disciplinas. *Reduccionismo*, *antirreduccionismo*, *holismo*, *meccanicismo*, *materialismo* y *organicismo* son algunos de los conceptos más debatidos dentro de estas áreas de conocimiento y que hasta hoy mantienen su eco, afectando a la forma de entender el mundo de la vida, así como la actividad de los organismos. Basta pensar en los médicos alejandrinos, en Galeno, Harvey o Magendie, para encontrar ejemplos del uso de la experimentación a lo largo de la historia de la medicina y la biología. En efecto, muchos de ellos recurrieron a técnicas empíricas en su indagación sobre los organismos, pero sólo con Claude Bernard (1813-1878) —discípulo del último de los mencionados— se instauró, a mediados del siglo XIX, un enfoque experimental de manera rigurosa y sistemática. Se consiguió, así, que las exigencias metodológicas difícilmente pudieran separarse de la formulación de aquellas nuevas teorías que quisieran ser consideradas científicas.

También es a lo largo del siglo XIX y principios del siglo XX cuando los desacuerdos teóricos entre mecanicistas, vitalistas o materialistas cobran mayor importancia, pues es en este periodo cuando los procedimientos de investigación, con independencia de la postura del investigador, ya no permitirán un alejamiento de la experimentación. La mera especulación sin una base experimental quedará relegada a

simple palabrería. Es en esta etapa cuando el análisis crítico se impone al vitalismo, aunque también se cuestiona la simplicidad de las explicaciones mecanicistas. Como explica Felice Mondella: «Estas discusiones filosóficas versaban, ante todo, sobre el significado y los límites del mecanicismo biológico, así como sobre la propuesta de una concepción organicista [...]»³.

En esta parte del presente estudio se abordarán distintas cuestiones sobre los fundamentos epistemológicos y metodológicos en los que descansaron las diferentes formas del estudio de la vida, especialmente de la fisiología animal; y ello servirá como marco para comprender los antecedentes teóricos y filosóficos que permitieron a Walter Cannon construir sus investigaciones, de orientación holista, en la forma en que lo hizo. Para conseguir este objetivo será necesario entender en algunos casos el contexto histórico y entender, en otros, los dilemas teóricos o filosóficos que se fueron planteando gracias a las nuevas técnicas de experimentación.

No es de extrañar que este capítulo se centre especialmente en la decadencia de la *Naturphilosophie* alemana y del vitalismo francés, así como en el consecuente triunfo que obtiene el materialismo mecanicista sobre estas teorías vitalistas. Para ello habrá que mostrar cuáles fueron los logros y fracasos con los que se encontraron los defensores de las fuerzas vitales como la esencia de la vida. Después se profundizará en los tres factores a los que se suele acudir cuando se justifica la decadencia de estas ideas vitalistas en la investigación fisiológica: 1) el positivismo, 2) la teoría de evolución de las especies de Charles Darwin y 3) los progresos en física y química, con su incidencia en el ámbito de la biología. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en otros estudios, se sostendrá que el *fenómeno de la institucionalización* científica (creación y desarrollo de institutos de investigación experimental) debería incluirse como una cuarta raíz, que tiene un valor equivalente a las ya citadas en el debilitamiento del vitalismo. En especial, cuando este factor se ha tendido a obviar o a enmarcar dentro del último de los descritos, o sea, se ha asociado a los avances que se dieron en física y química. Es cierto que la institucionalización de la fisiología experimental va unida a una metodología que echa mano del análisis físico y químico, pero debe ser tratada de forma independiente por su repercusión y alcance y porque consagró un cambio de modelo en la

³ Mondella, F. (1985): “Biología y Filosofía”, en L. Geymonat (ed.) *Historia del Pensamiento Filosófico y Científico*, Ariel, Barcelona, Vol. II, cap. 4, p. 125.

investigación biomédica que llega hasta nuestros días: se pasó de una medicina vinculada a los hospitales, a otra estrechamente ligada a los laboratorios.

Tanto estos cuatro puntos, que inciden en el desarrollo del materialismo mecanicista, como el papel que desempeñaron los fisiólogos reduccionistas alemanes para consolidar, durante en la segunda mitad del siglo XIX, esta nueva forma de concebir la fisiología, tendrán un papel protagonista en las siguientes páginas. Sin embargo, entrado ya el siglo XX, encontramos las figuras de los dos principales precursores del materialismo mecanicista: Jaques Loeb e Ivan Pavlov. Ambos investigadores, contemporáneos de Cannon y con los que mantuvo contacto, influirán notablemente en el desarrollo de la fisiología animal: dominio fundamental sobre el que versa nuestro trabajo.

A lo largo de este capítulo se dibuja el marco histórico en que se gestó la fisiología de Walter Cannon. El desarrollo de la fisiología en Alemania y su exportación a Estados Unidos tienen una relación directa con la formación de Cannon. Es importante, pues, situar al fisiólogo norteamericano en el escenario donde dos de sus antecesores consagran una forma de entender la fisiología que más adelante él aprenderá. Estos dos científicos son Carl F. Wilhelm Ludwig y Henry Pickering Bowditch, de quienes se hablará en profundidad dentro del siguiente capítulo. Antes, se presenta una panorámica más general sobre la fisiología del siglo XIX y comienzos del XX.

1.2. La fisiología del siglo XIX. Un triunfo sobre el vitalismo

La biología y particularmente la fisiología atravesaron un periodo complejo durante el siglo XIX. Fueron necesarios hechos importantes para forzar un giro, primero en la especulación filosófica dentro de la fisiología y, después, en la experimentación sistemática. Muchos fueron, también, los conceptos que se definieron para consolidar el estudio de la vida. Y al ser tales nociones, en gran medida, la base de esta investigación, será útil introducirlas ya para su posterior uso inambiguo. No obstante, esta no es una tarea sencilla, como explica David Hull:

[...] ninguno de estos términos (*mecanicista, vitalista, reduccionista, holista*) puede ser definido con alguna claridad. No hay dos personas que parezcan usarlos de la misma forma. Este caos terminológico sólo es superado por la facilidad con que un bando

caricaturiza alegremente los puntos de vista del otro, y luego protesta porque sus propios puntos de vista –en un ultraje indigno- han sido malinterpretados⁴.

Hull no es el único que tiene esta opinión. Por su parte, Joseph Needham, en el capítulo con que contribuye a una obra sobre Alfred North Whitehead dentro de la *Biblioteca de los Filósofos Vivos*, confiesa lo poco que consiguió al introducirse en este tema:

El primer acercamiento del autor al tema desde su perspectiva teórica fue un cuidadoso, y si cabe poco provechoso, examen de los voluminosos y polémicos textos sobre “vitalismo”, “neovitalismo” y “mecanicismo” que aparecieron durante la última década del siglo pasado y las primeras de este [s. XX]⁵.

La misma complicación es la que ha encontrado el autor del presente trabajo, si bien es cierto que con la ventaja de tener acceso a un volumen considerable de literatura secundaria al respecto, con el que ni David Hull ni Joseph Needham contaron a la hora de elaborar sus respectivos estudios. Por otro lado, el periodo histórico del que se hablará para contextualizar esta primera parte del trabajo será el que transcurre entre siglo XIX y los comienzos del XX. Aunque muchos de los conceptos a que se ha aludido sirven para referirse a momentos anteriores, no es raro que sea a lo largo del siglo XIX cuando cobre fuerza la polémica entre las distintas posturas desde las que el investigador se enfrentó al estudio de la vida. Es una época en la que se comienzan a definir nuevos términos, entre ellos el de *biología*, que sería popularizado por el naturalista Gottfried Reinhold Treviranus (1776-1837) y por Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), de forma independiente: “Las ciencias se estaban volviendo especializadas, exactamente cuando la biología se definía a sí misma como una profesión: “botanista” y “zoólogo” ya eran nombres para científicos especializados. Muchos más habrían de agregarse: fisiólogo, histólogo, embriólogo, paleontólogo, biólogo evolutivo, bacteriólogo y bioquímico”⁶.

⁴ Hull, D. (1974): *Philosophy of Biological Science*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs (Nueva Jersey), p. 125. [En el caso de libros no escritos en castellano y de los que no se especifique la versión española, los fragmentos citados han sido traducidos por el autor de este trabajo].

⁵ Needham, J. (1991): “A Biologist’s View of Whitehead”, en P. A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Alfred North Whitehead*, The Library of the Living Philosophers, New York, p. 244.

⁶ Coleman, W. (1983): *La Biología en el siglo XX. Problema de forma, función y transformación*, Fondo de Cultura Económica, México, p. 15.

En el caso del tema que atañe a esta investigación, la transición de la fisiología ilustrada de finales del siglo XVIII a la propiamente experimental y analítica de mediados del XIX contó con una etapa inicial fundada en la especulación filosófica sobre los procesos y funciones que acontecían en los organismos vivos. Es en este momento cuando dos concepciones se alzan para proclamarse definitivas: la *Naturphilosophie* en Alemania y el vitalismo en Francia. Ambas corrientes coincidían en la aceptación de una esencia, sumamente peculiar, que obligaba a separar a los organismos vivos de cualquier otro tipo de materia o fenómeno que aconteciera en el Universo. De alguna manera, se había propuesto mantener fuera de los laboratorios de los físicos y químicos (como Lavoisier o Laplace) los estudios sobre la vida, pues, al entenderse el mundo vivo y el mundo inerte como dos realidades distintas, los seres vivos tendrían que ser estudiados desde una perspectiva diferente. Sin embargo, diversos descubrimientos fueron mostrando que esa esencia peculiar de los organismos dotados de vida resultaba dudosa y que gran parte de los procesos fisiológicos podían estudiarse y comprenderse a través de la física y la química. Así comenzó el debate entre vitalistas, materialistas y mecanicistas.

No obstante, la sutileza con la que los distintos investigadores hicieron uso de estas posturas teóricas hace difícil encasillarlas de manera precisa. Por esa razón, para ofrecer una mejor explicación de los conceptos mencionados hay que hablar de los acontecimientos mismos que dieron lugar a su origen. De ahí que sea necesario remontarse a ejemplos directos de investigadores y a sus aportaciones. Como sostiene José Luis González Recio: “A medida que se comienza a sopesar los argumentos provenientes de uno y otro lado, va haciéndose patente que nos encontramos ante un problema cuya solución consiste en el análisis de los hechos”⁷.

Antes de entrar en materia, es interesante detenerse en la reflexión de la fisióloga June Goodfield sobre cómo esta polémica no sólo no ha frenado los progresos que los científicos hicieron y siguen haciendo, sino que todas estas teorías, en apariencia, se han quedado fuera de las áreas de trabajo de los investigadores: “Las discusiones sobre reduccionismo y antirreduccionismo parecen no ser pertinentes para lo que realmente se hace en el laboratorio, meros ecos superficiales cuyo impacto e influencia son

⁷ González Recio, J.L. (1992): “El Tenaz espectro del Vitalismo”, *Logos: Anales del Seminario de Metafísica*, Universidad Complutense, p. 823.

prácticamente nulos”⁸. Es un comentario que se tratará de explicar a través de esta investigación. La cadena de sucesos que condujo desde una fisiología vitalista a otra mecanicista fue necesaria para que finalmente fisiólogos como Walter Cannon tuvieran un terreno de donde partir antes de proponer sus perspectivas holistas. Será en los siguientes capítulos donde esta apreciación cobre mayor sentido. Por el momento, habrá que atender a las posiciones vitalistas y a las réplicas de los mecanicistas que comenzaron sus investigaciones en la década de 1850.

El idealismo alemán, especialmente el pensamiento de Schelling, influyó muy directamente en distintas áreas de la biología y de la medicina. Concretamente, los *Naturphilosophen* tuvieron una importante influencia en la medicina alemana. “La *Naturphilosophie* constituye la corriente filosófica dominante de principios del siglo XIX. Sus supuestos científicos y metodológicos surgen como una reacción frente al racionalismo de la Ilustración”⁹. En síntesis, su planteamiento consistía en postular la existencia de una fuerza vital rectora de la vida, al igual que la fuerza de gravedad existe para regir el funcionamiento del cosmos. La Naturaleza en su conjunto es dinámica y no mecánica y el conjunto de toda ella es el campo de acción donde se manifiesta su espíritu creador (*Schaffender Geist*). Para estos idealistas alemanes la explicación mecánica no es suficiente, ya que atiende a los objetos simples, pero en la Naturaleza existen también objetos de mayor complejidad que no pueden regirse por las mismas leyes.

Como se ha dicho, la base teórica de los *Naturphilosophen* proviene principalmente de Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling (1775-1854), y aunque en apariencia no corresponde a un filósofo el papel de investigador científico, lo cierto es que Schelling recibió en Tubinga una formación científica muy sólida, que se vio reforzada en su estancia en la Universidad de Leipzig (1796-1798), sin que debamos olvidar la influencia de los científicos que conoció de primera mano. “Pese a la imagen que algunas veces se tiene de Schelling, sabemos que era un profundo conocedor de la ciencia de su época, especialmente en lo que se refiere a física, química y fisiología.”¹⁰ Lo cierto es que el filósofo alemán centró su atención en la filosofía de la naturaleza.

⁸ Goodfield, J. (1983): “Estrategias cambiantes: Comparación de actitudes reduccionistas en la investigación médica y biológica en los siglos XIX y XX”, en Ayala, F.J., Dobzhansky, T. (eds.), *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*, Ariel, Barcelona, p. 98.

⁹ Escarpa Sánchez-Garnica, D. (2004): *Filosofía y biología en la obra de Claude Bernard*, Universidad Complutense, Madrid, p. 31.

¹⁰ Escarpa Sánchez-Garnica, D. (2004), p. 42.

Quería interpretar la génesis de la Naturaleza, pero especialmente su esencia como “autoconstrucción”. La *Naturphilosophie* no tuvo mucha influencia fuera de Alemania, y hacia la mitad del siglo XIX había perdido casi toda su fuerza, en parte debido a la *escuela de los fisiólogos reduccionistas*, de la que fue principal representante una de las figuras más relevantes para esta investigación, Carl Ludwig, quien se dedicó a criticar duramente las teorías de estos filósofos de la naturaleza. En el siguiente capítulo se podrá apreciar de forma más extensa en qué consistieron sus ataques. El mismo Johannes Müller, padre de la fisiología experimental alemana y cuyo laboratorio y cátedra fueron cuna de esta escuela de reduccionistas, contó con una formación deudora de este ambiente intelectual, y fue un seguidor de la *Naturphilosophie* durante sus primeros años como científico. De hecho, ya en su madurez, cuando tachaba de simples especulaciones muchos de los principios de estos filósofos naturales, creía aún que los organismos eran conducidos por una fuerza vital que jamás podría ser investigada por técnicas experimentales. Si tiene interés referirse a las teorías de Schelling y sus seguidores, es porque fueron éstas las que recibieron los principales ataques de la escuela alemana de reduccionistas médicos que tanta importancia tiene para nuestra investigación; pues sus técnicas de experimentación fisiológica son las que se exportan al laboratorio de fisiología de Harvard, que Walter Cannon comenzó a dirigir a principios del siglo XX.

Schelling y sus discípulos entienden que naturaleza y espíritu son en esencia lo mismo, porque la naturaleza es el espíritu en su continua realización, y si existen fenómenos, estos son manifestaciones del ser primordial. Por eso, la realidad del mundo sensible constituye sólo la mera apariencia de ese mundo ideal que subyace y que hay que reconocer a partir de las claves o signos de leyes generales o principios universales que no son otra cosa que manifestación del despliegue del espíritu universal:

Los procesos del magnetismo, de la electricidad y de la química son las categorías de la construcción original de la naturaleza –se nos escapa y va más allá de nuestra vista [...] lo que queda de ellos como cierto y fijo.

Y para cerrar aquí el círculo en el punto donde empezó, tal como que en la naturaleza orgánica el secreto de la producción está en el desarrollo gradual de la sensibilidad y de la irritabilidad, y la sed de conocimiento en cada individuo, igual está en el desarrollo gradual del magnetismo, la electricidad y del proceso químico, como también se puede

distinguir en un cuerpo individual, el secreto de la producción de la naturaleza por sí misma¹¹.

En 1799 Schelling publica su *Erster Entwurf eines Systems der Naturphilosophie* (Primer proyecto de un sistema de filosofía de la naturaleza), donde intenta plantear un principio unificador entre lo que es la materia orgánica y la inorgánica como elementos de la producción de la Naturaleza. Pero unos meses después, en el mismo año, publicará *Einleitung zu dem Entwurf eines systems der Naturphilosophie. Oder: Über den Begriff der speculativen Physic und die innere Organisation eines Systems dieser Wissenschaft* (Introducción al primer proyecto de sistema de filosofía de la naturaleza o sobre el concepto de la física especulativa y la organización interna de un sistema de esta ciencia), donde muestra el alcance filosófico del *Primer Proyecto*. Según el filósofo, son dos los principios que rigen el desarrollo del espíritu en la naturaleza: el principio de polaridad y el de gradación ascendente del mundo material y de la vida como realización del espíritu. El conocimiento de esos principios permite comprender la Naturaleza como una unidad y al mismo tiempo su ser como manifestación del espíritu universal. Sobre la materia, dominada por las fuerzas de atracción, repulsión y gravedad, se desarrollaría la dinámica de los procesos químicos, magnéticos y, en su gradación superior, los fenómenos eléctricos. De igual manera, sobre los seres vivos actuarían las fuerzas reproductoras, origen del crecimiento, la nutrición y la procreación, que estarían también presentes en la dimensión vegetativa de la vida humana. El siguiente nivel, el reino animal, está dominado por la fuerza de la irritabilidad, cuya manifestación se realiza en el sistema muscular, el corazón y el movimiento sanguíneo, mientras que el nivel superior —el humano específicamente— es regido por la sensibilidad, donde se localizan las funciones sensitivas, los procesos nerviosos superiores y los fenómenos anímicos. Sin embargo, para Schelling, las fuerzas que ponen en marcha todos esos niveles de desarrollo de la naturaleza se deberían a la polaridad entre contrarios.

Una de las formas más características de indagación de los *Naturphilosophen* fue la de la experimentación sobre uno mismo. Una persona conducía sus análisis sobre su

¹¹ Schelling, F. (1799): *Einleitung zu dem Entwurf eines systems der Naturphilosophie*, Christian Ernst Gable, Jena y Leipzig, p. 75. (El libro puede descargarse en la siguiente dirección web: http://books.google.es/books?id=ou0TAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

propia persona, intentando encontrar una asociación (o en algunos casos una falta de ésta) entre las imágenes mentales y los estímulos sensoriales a los que se sometía. Según las enseñanzas del filósofo de Leonberg, sólo la libre actividad especulativa del espíritu es capaz de alcanzar inmediatamente y sin el esfuerzo laborioso de la ciencia la actividad que constituye la Naturaleza. Por eso, el conocimiento filosófico de la Naturaleza se encuentra en el mismo ingenio del científico que usa sus propios recursos intelectuales para indagar sobre su entorno. Toda experimentación directa se encuentra fuera de lugar bajo esta concepción, ya que no hace falta poner a prueba los fenómenos; con la observación y el ingenio del científico será suficiente para descubrir su índole.

Uno de los principales representantes de esta postura romántica fue Johann Wolfgang von Goethe (1749-1832), quien acuñó el término *morfología* con la intención de buscar los rasgos o características generales de los seres vivos a partir de su forma. Bajo esta concepción no es de extrañar que la disciplina más importante para entender los organismos fuera la anatomía comparada, donde la fisiología era apenas un apéndice. Es decir, de la forma se deduce la función. Estos principios, aplicados a la biología, dieron como resultado teorías que podrían considerarse un retroceso en la evolución que seguía la ciencia del siglo XVIII (desde nuestra actual visión del conocimiento científico). Una de ellas, vinculada a la morfogénesis, sería la de la generación espontánea. No se tenía ningún reparo en apelar, para sostenerla, a la experiencia que —según la interpretaban— ofrecía al observador los siguientes hechos: “las partículas vegetales o animales se transforman visiblemente en infusorios, y los órganos inferiores están sometidos a una transmutación constante que los lleva a convertirse en superiores”¹². Otra de ellas, en parte formulada por Goethe, sirvió para malinterpretar el sistema de la circulación sanguínea ya bien descrito por Harvey, proponiendo (J.B. Wilbrand) que la sangre fluía del interior del cuerpo hacia la periferia, donde se convertía en tejido; después, ese tejido se convertía en fluido nuevamente para regresar al corazón:

El ropaje metafísico con el que se difundieron en la época de la filosofía romántica alemana de la naturaleza las ideas sobre la transmutación, por las que al mismo tiempo se volvieron a negar muchas nociones biológicas ya seguras, desacreditó las hipótesis sobre el cambio de las especies. Esto permite entender muchas de las vivas

¹² Escarpa Sánchez-Garnica, D. (2005): “La filosofía romántica de los Naturphilosophen”, en González Recio, J.L. (ed.), *El taller de las ideas: diez lecciones de historia de la ciencia*, Plaza y Valdés, Madrid, p. 179.

controversias mantenidas por los naturalistas serios (por ejemplo, Von Baer, Ehrenberg, Schleiden) contra la teoría evolucionista de Darwin¹³.

El comienzo del siglo XIX es una época interesante por esta combinación que existe entre la ciencia y otras formas culturales; un aspecto que Dolores Escarpa sabe resumir de forma muy elegante: “estamos en la época en la que los poetas Goethe y Chamisso llevaban a cabo disertaciones científico-naturales y el embriólogo von Baer y el fisiólogo Fechner escribían versos. Ampère, el fundador de la electrodinámica, creía en el magnetismo animal y escribía también poemas, y Purkyně, tradujo la obra poética de Schiller al checo”¹⁴. Sin embargo, también es el siglo en el que la ciencia se independiza de estas teorías idealistas de forma definitiva, como se verá más adelante en este capítulo. Por otro lado, habrá que seguir la línea de especulaciones sobre el *motor* de la vida, y es en suelo francés donde tales concepciones tienen una expresión más elaborada.

Es también en los inicios del siglo XIX cuando se inicia el desarrollo de investigaciones en materia de anatomía microscópica. Los primeros citólogos comenzaron a definir conceptos como *fibra*, *tejido* o *corpúsculo granuloso*, con la principal intención de encontrar la unidad vital que pudiera considerarse primaria: el soporte morfológico y funcional de la vida. Sin embargo, las observaciones microscópicas, e incluso la delimitación conceptual de esa unidad elemental, eran de poca ayuda para desentrañar la causa dinamizadora que conseguía iniciar y mantener la vida en los organismos. La búsqueda de este motor de la vida fue lo que llevó a algunos investigadores a pensar que la peculiaridad de los seres vivos debería tener su fundamento en una fuerza asimismo peculiar, al igual que otras fuerzas tenían influencia en los seres inertes: “[...] el motor de los fenómenos biológicos tenía que ser también una fuerza; una fuerza distinta de las fuerzas mecánicas o gravitatorias, pero tan misteriosa [o poco misteriosa] como ellas; una fuerza cuya eficacia se debía a propiedades específicas de los hechos vitales y a la que era apropiado llamar, por ello, *fuerza vital*”¹⁵. La idea principal es, pues, que el principio de la vida no puede asociarse a las mismas leyes mecánicas con las que se rigen los demás sistemas del mundo físico

¹³ Jahn, I., Löther, R., Senglaub, K. (eds.) (1990): *Historia de la biología: teorías, métodos, instituciones y biografías breves*, Labor, Barcelona, p. 285.

¹⁴ Escarpa Sánchez-Garnica, D. (2004), p. 40.

¹⁵ González Recio, J. L. (2004): *Teorías de la vida*, Editorial Síntesis, Madrid, p. 193.

(la materia inorgánica), o al menos no por completo. El mundo vivo cuenta con una cualidad primaria que queda resumida en el concepto de fuerza vital. “Los vitalistas y los neo-vitalistas, como ellos mismos se han hecho llamar, centran este misterio en la misma organización de la vida, refugiendo las relaciones orgánicas más en un principio inescrutable y axiomático, que en un sujeto de investigación”¹⁶.

Las primeras teorías vitalistas modernas aparecen en el siglo XVII, de la mano de Francis Glisson (1597-1677), quien sostenía que Dios había otorgado a la materia la capacidad de desarrollar reacciones vitales, y que esa propiedad intrínseca de la materia viva alcanzaba su grado máximo en la sensibilidad consciente que ostentaban aquellos organismos de mayor complejidad y organización. Pero aún más influyente fue el médico alemán Georg Ernst Stahl¹⁷ (1659-1734), que expuso una concepción del organismo basada en la perspectiva *animista* de la vitalidad. Estas teorías surgieron como respuesta contra el mecanicismo imperante en la época. Stahl expuso su teoría de manera sistemática en 1708 en su obra *Theoria medica vera*. En ella explicaba que Dios había creado al hombre con un cuerpo y un alma. El primero tiende a la corrupción y a la muerte, pero el alma retrasa este proceso durante la vida: “No es raro que el modelo dualista creado por Stahl tuviera una excelente acogida y alcanzara una importante difusión en su época, máxime si tenemos en cuenta que la filosofía mecanicista, y particularmente el cartesianismo, era considerada como sospechosa en círculos luteranos [...] lo cierto es que sus planteamientos influyeron directamente en el naturalista francés Boissier de Sauvages¹⁸, y a través de él en la Escuela de Montpellier”¹⁹.

Pero volviendo al siglo XIX, si cabe hablar de un centro promotor de teorías vitalistas en la Europa de este tiempo es, justamente, la Universidad de Montpellier, lugar en el que se formaron histólogos como Bordeau, Barthez y Xavier Bichat (1771-1802). Este último “fue la figura más influyente del nuevo sistema que propugnaba la

¹⁶ Needman, J. (1991), p. 245.

¹⁷ Stahl pasó a la historia de la ciencia más como químico que como médico. Una de sus aportaciones fue la *teoría del flogisto*, según la cual tanto los procesos respiratorios y de fermentación orgánica, como la combustión o calcinación de metales, se producían por la liberación de un compuesto combustible al que llamó flogisto.

¹⁸ Cuando François Boissier de Sauvages de Lacroix (1706-1767) obtuvo la cátedra de botánica en la Universidad de Montpellier, introdujo el pensamiento biológico de Stahl. De su asimilación surgió una formulación original del pensamiento vitalista, que tuvo una gran influencia en la fisiología del siglo XIX.

¹⁹ Barona, J.Ll. (1991): “La Fisiología: origen histórico de una ciencia experimental”, en *Historia de la ciencia y de la técnica*, Akal, no. 46, pp. 26-27.

división del principio vital en fuerzas distintas e inherentes a cada tejido”²⁰. Es decir, para este grupo de investigadores la unidad elemental era el tejido; su motor, las fuerzas vitales.

Bichat es un buen ejemplo para comprender la carga metafísica transferida por los vitalistas cuando hacen referencia al fluido vital: una fuerza inabarcable para la mente humana. De hecho, su opinión es que, de antemano, cualquier estudio sobre el principio vital cuenta con una limitación epistemológica: “Tales son en efecto los estrechos límites del entendimiento humano, que casi siempre le está prohibido el conocimiento de las primeras causas”²¹. Y si existe esta limitación, se debe principalmente a las diferentes naturalezas del mundo vivo y el no vivo. Por esta razón tampoco es posible utilizar los mismos métodos con los que se estudia el mundo físico en los fenómenos biológicos:

Se calcula la vuelta de un cometa, la resistencia de un fluido por un canal inerte, la celeridad de un proyectil, etc., pero calcular con Borelli la fuerza de un músculo, con Keil la velocidad de la sangre, con Jurine, Lavosier, etc., la cantidad de aire que entra en el pulmón, es levantar sobre arena movediza un edificio sólido por sí, pero que cae inmediatamente por faltarle una base segura.

Esta inestabilidad de las fuerzas vitales, y esta facilidad que tienen de variar a cada instante más o menos, imprimen a todos los fenómenos vitales un carácter de irregularidad que los distingue de los fenómenos físicos, notables por su uniformidad²².

Finalmente Bichat llega a afirmar que el estudio de la vida no solo parte de una metodología distinta a la de la física, sino de una apreciación conceptual diferente, un cambio epistemológico pero también lingüístico:

Es fácil conocer según esto que la ciencia de los cuerpos organizados debe tratarse de un modo [de conocimiento] enteramente diferente al de aquellas que tienen por objeto los cuerpos inorgánicos. Sería necesario, por decirlo así, emplear un lenguaje diferente, porque la mayor parte de las palabras que trasladamos de las ciencias físicas a las de la economía animal y vegetal nos recuerdan continuamente ideas que de ningún modo concuerdan con los fenómenos de estas ciencias²³.

²⁰ González Recio, J.L. (2004), p. 209.

²¹ Bichat, M. F. X. (1806): *Indagaciones Fisiológicas sobre la vida y la muerte*, Imp. de la Administración del Real Árbol, Madrid, traducción de la 2.ª edición francesa por Tomás García Suelto, p. 159. (El libro puede descargarse en la siguiente dirección web: www.books.google.es/books?id=jXmDBjNf-m4C)

²² Bichat, M. F. X. (1806), pp. 163-164.

²³ Bichat, M. F. X. (1806), p. 167.

Sin embargo, también las teorías de los vitalistas franceses entraron en declive, al tiempo que la anatomía microscópica encontró obstáculos y hubo de enfrentarse en varias ocasiones, asimismo, a la crítica del pensamiento positivista que Auguste Comte (1798-1857) propuso y que tuvo gran influencia en el mundo científico del siglo XIX. Básicamente la crítica se refería al alejamiento, por parte de los citólogos, de la seguridad que brindaba el estudio de lo directamente observable. Todo estudio indirecto de los fenómenos biológicos (como es el propiciado por el microscópico) generaba sospechas y era catalogado fuera del rigor y la confianza que brindaba la ciencia positiva. Como explica Mondella: “La concepción fenomenista y convencionalista del conocimiento físico-matemático de la naturaleza ya había impugnado a la ciencia el derecho de presentarse como conocimiento válido y objetivo de la naturaleza”²⁴. El ejemplo de los investigadores vitalistas como Bichat permite ver que estas sospechas no estaban infundadas; el conocimiento cuantificable de los fenómenos físicos no tenía cabida en el pensamiento vitalista.

Comte halló poco fructífera la concepción de naturaleza de los románticos alemanes o de los vitalistas franceses y no dejó cabida en su sistema a ningún elemento que procediera de estas posturas. El filósofo francés rechazaba el papel de las especulaciones y pensaba que la eficacia de una teoría “resulta exclusivamente de su conformidad con los fenómenos observados”²⁵. De esta manera, solo consideró a la inducción como fuente de conocimiento empírico. Quizá fue el maestro de Bernard, François Magendie, quien mejor asimiló en su labor científica las enseñanzas del positivismo. Para Magendie, la labor del científico sólo podía consistir en la reunión del mayor número posible de observaciones, pues las leyes surgirían ante nuestros ojos a partir de ellas cuando se hubieran acumulado y clasificado en número suficiente. Todo concepto que no partiera de la experiencia tenía que ser rechazado de inmediato. Es interesante que bajo esta perspectiva no cabe siquiera esa interpretación del método científico que construye sus investigaciones a partir de una “hipótesis”. Y es que la reacción en contra de la *Naturephilosophie* llevó a los positivistas a entender que las hipótesis eran una herramienta tan perjudicial como las especulaciones de los filósofos naturales. Su formulación atentaba contra la verdadera ciencia. El punto medio tuvo que

²⁴ Mondella, F. (1985), p. 127.

²⁵ Comte, Augusto (1973): *Discurso sobre el espíritu positivo (lecciones 1.ª y 2.ª)*, Aguilar, Buenos Aires, p. 28.

llegar de la mano de fisiólogos posteriores a estos primeros positivistas: Bernard²⁶, Ludwig, du Bois-Reymond, Helmholtz, Bowditch y, claro está, el mismo Cannon en un momento posterior.

Con la idea de las tres etapas de la historia de la humanidad (la teológica, la metafísica y la positiva), Comte apuntaba a los *Naturephilosophen* para decirles que la humanidad estaba preparada para el periodo positivo, dejando la etapa metafísica atrás. Para Comte el paso de esta última al positivismo era necesario. El ser humano recurrió durante un tiempo a un pensamiento articulado que buscaba dar respuesta a interrogantes complejos, como evidencian las nociones de sustancia, causalidad eficiente, final, materia, forma, etc. Sin embargo, una vez que se reconoce la imposibilidad de alcanzar conceptos absolutos, es preciso abandonar la búsqueda de respuestas también absolutas; respuestas sobre el origen y el destino del universo o las causas internas de los fenómenos. Por tanto, es mejor limitarse al descubrimiento, por medio de la razón y la observación, de las leyes que gobiernan la secuencia y la semejanza de los fenómenos.

Cuando Comte hablaba del estadio metafísico, en realidad estaba dialogando con los *Naturphilosophen*, para informarles de que esa etapa había sido superada por el estadio positivo. Su máxima acerca de la labor del científico era “considerar todos los fenómenos como sujetos a leyes invariables”²⁷, las cuales deben ser descubiertas y reducirse al menor número posible. En cualquier caso, el hombre de ciencia debe limitarse a analizar las circunstancias en las que se producen dichos fenómenos, sin distraerse en sus causas finales, pues sólo serían el caldo de cultivo de especulaciones que no llevarían a ningún terreno seguro. Finalmente, Comte sugería el orden en que debe edificarse la ciencia. En primer lugar situaba a las matemáticas, principalmente a la geometría, que debe ocuparse de lo que tienen en común los seres: su extensión. Después siguen las ciencias de la materia inerte: astronomía, física y química. A éstas suceden las de la materia organizada, es decir, las ciencias de la vida, para pasar finalmente a la que estudia a la organización superior de la materia, que son los seres

²⁶ El notable trabajo de Dolores Escarpa (Escarpa Sánchez-Garnica, D. (2004): *Filosofía y biología en la obra de Claude Bernard*, Universidad Complutense, Madrid) brinda luz a este fenómeno epistemológico que ocurre a mediados del siglo XIX. Ella se centra en la figura de Bernard, pero lo cierto es que otros fisiólogos también renunciaron a la postura extrema del positivismo de Comte, aunque alejando también el pensamiento de la *Naturphilosophie*.

²⁷ Comte, Augusto (1973), p. 43.

humanos y sus sociedades; o sea, la física social (lo que entenderíamos hoy por sociología).

El positivismo no fue la única corriente de pensamiento que influyó en el descrédito del vitalismo. Es habitual acudir a dos hechos históricos que contribuyeron al auge del mecanicismo: los avances en química biológica y la teoría de la evolución de las especies de Charles Darwin (1809-1882). En cuanto al primer punto, es preciso decir que ya en el siglo anterior habían dado su fruto las investigaciones de Adair Crawford (1748-1795) y Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) en química, convirtiéndose en las primeras teorías generales y cuantitativas del origen del calor animal, y demostrado que “en los organismos vivos tenían lugar procesos químicos que eran, si no idénticos, por lo menos análogos a los de la materia inorgánica”²⁸.

Los experimentos que hicieron Lavoisier y Laplace en 1780 demostraban que un carbón ardiendo y la respiración de un cerdo generan iguales cantidades de calor cuando liberan cantidades similares de dióxido de carbono. Este principio partía de un supuesto erróneo, pues suponía que la combustión que producía el calor animal tenía lugar en los pulmones y que la sangre era la responsable de transportar este calor por todo el cuerpo. Pero era el primer paso para equiparar el mundo físico con el orgánico y encontrar su relación a partir de los fenómenos químicos. Partiendo de la teoría del flogisto de Stahl, se hicieron las modificaciones que consolidaron la teoría moderna del oxígeno de Lavoisier:

Habría que esperar hasta 1783 para oír a Lavoisier atacar el concepto de flogisto. En sus teorías acerca del calor animal anteriores a esta fecha, acepta el concepto de flogisto, sólo que, a diferencia de Stahl, entiende que esa “materia de fuego” no procede del objeto quemado, sino del aire empleado durante el proceso de combustión. Según su primera teoría, aún fuera del marco de la revolución conceptual del siglo XIX, al respirar, el aire se descompone en los pulmones en sus dos componentes: oxígeno y materia de fuego. Posteriormente el oxígeno se combina con el carbono, y el flogisto se distribuye por todo el cuerpo a través de la sangre, calentándolo²⁹.

Con estas teorías sobre la respiración parecía probarse que el organismo vivo era parte integrante del mundo físico y, debido a ello, debía regirse por las mismas reglas de éste. Además, el análisis de Lavoisier y sus colaboradores demostró que la composición

²⁸ Goodfield, J. (1983), p. 100.

²⁹ Escarpa Sánchez-Garnica, Dolores (2004), pp. 129-130.

de la materia orgánica no era diferente a la de la materia inorgánica; en ambas aparecían elementos como el carbono, el hidrógeno, el oxígeno o el nitrógeno:

El análisis orgánico se convirtió en una operación rutinaria de laboratorio y tomó forma de una lista coherente de sustancias orgánicas. La división de las sustancias alimenticias en carbohidratos, grasas y proteínas basada en sus proporciones de carbono, hidrógeno y en la presencia de nitrógeno, se estableció finalmente en 1845³⁰.

Estos progresos abrieron el camino a investigaciones fisiológicas representativas del mecanicismo. Especial mención merece la llamada Escuela de Berlín o los también conocidos como “fisiólogos reduccionistas” o “materialistas médicos”: investigadores que llevaban los avances en química y física a sus estudios sobre fisiología animal, realizando actividades que resume muy bien Allen:

[...] pedían la reintroducción en la biología de los métodos físico-químicos, por lo cual entendían, en gran parte, el análisis experimental. Aislaron órganos del cuerpo y los sujetaron a perfusión (es decir, hicieron pasar líquidos de composición conocida a través de las venas y las arterias de los órganos), estimularon músculos y nervios con corrientes eléctricas, registraron el paso de los impulsos por las vías nerviosas y midieron las propiedades ópticas de lentes aisladas de las retinas y demás partes de los ojos de los vertebrados. [...] Su enfoque fue reduccionista por cuanto pretendieron descomponer el organismo y estudiar aisladamente sus partes³¹.

Es interesante constatar que así como Alemania vio nacer a grandes idealistas que desarrollaron la *Naturphilosophie*, también fue este país la cuna de sus principales detractores. Puede reconocerse un grupo que tuvo como abanderados a los siguientes investigadores: Emil du Bois-Reymond (1818-1896), Ernst Brücke (1829-1892) y Hermann von Helmholtz (1821-1894), quienes se formaron en el laboratorio berlinés de Johannes Müller; y, asimismo, a Carl Friedrich Wilhelm Ludwig (1816-1895), que había estudiado en Marburgo. El caso de Johannes Müller es digno de resaltarse, ya que recibió su formación en Bonn —en medio del fervor por la fisiología idealista—. En esa misma ciudad comenzó a dar clases en 1824. Sin embargo, su traslado a Berlín quizá enfrió estas ideas vitalistas y le hizo centrarse en aspectos más empíricos que especulativos, aunque sin abandonar su posición original. Prueba de ello es su libro *Handbuch der Physiologie*, en cuya introducción se declara heredero y continuador de

³⁰ Coleman, W. (1983), p. 220.

³¹ Allen, G.E. (1983): *La ciencia en la vida en el siglo XX*, Fondo de Cultura Económica, México, p. 23.

la tradición biológica de Kant y Goethe, manifestando que la observación y la experimentación eran instrumentos que guiaban un conocimiento sintético de la naturaleza viva³².

Aunque Müller gozó de un gran crédito por sus trabajos, la verdad es que forma parte de una primera generación de teóricos que todavía no practica una forma rigurosa de experimentación. Es verdad que siempre apeló al conocimiento práctico, pues entendía que la experiencia era el factor fundamental para promover el progreso en fisiología, si bien las pruebas experimentales dentro de su laboratorio tenían un papel relativamente pequeño en la formación de sus estudiantes. Georg Friedrich Karl Heinrich von Bidder (1810-1894)³³, alumno de Müller en 1834, escribió una reseña donde exponía el tipo de actividades que se llevaban a cabo en el instituto. El tono del artículo permitía entrever un halo de decepción, pues parece ser que la práctica real en el laboratorio de Müller no era la que el discípulo esperaba encontrar. Habla, por ejemplo, de las prácticas de disección que ofrecía en el semestre de invierno, al que asistían alrededor de 200 o 250 alumnos, que se dividían en grupos repartidos alrededor de 20 cadáveres:

Después de realizar las tareas encomendadas a los grupos, se les dejaba a los estudiantes a sus anchas. Müller aparecía como mucho una media hora en el vestíbulo para echar un vistazo por aquí y por ahí; cualquier introducción rigurosa sobre la preparación anatómica era completamente obviada... La mayoría de los estudiantes no tenían la menor idea de qué partes se suponía que tendrían que preparar. Sólo unos pocos tenían un manual de preparación anatómica.³⁴

Bidder trabajó bajo la dirección de Müller y tuvo de compañeros a Friedrich Theodor Schwann (1810-1882) y a Friedrich Gustav Jakob Henle (1809-1885), con quienes compartió la atención especial que dedicaba Müller a la indagación de enigmas fisiológicos. Pese al renombre de estas figuras de la fisiología, un dato significativo para comprender las carencias de la experimentación en el laboratorio de Müller es que, en

³² Lenoir, T. (1988): "Science for the Clinic: Science Policy and the Formation of Carl Ludwig's Institute in Leipzig", en Coleman, W., Holmes, F.L. (eds.), *The investigative enterprise: Experimental Physiology in the Nineteenth Century Medicine*, University of California Press, London, p. 147.

³³ Friedrich Bidder es especialmente recordado por sus trabajos sobre la nutrición (fluidos digestivos y metabolismo), algunos de ellos realizados conjuntamente con Carl Schmidt.

³⁴ Lenoir, T. (1992): "Laboratory, medicine and public life in Germany 1830-1849", en Cunningham, A., Williams, P. (eds.), *The Laboratory Revolution in Medicine*, Cambridge University Press, New York, p. 42. (Extraído y publicado por P. Morawitz en un artículo titulado "Vor Hundert Jahren im Laboratorium Johannes Müller, von weil. Prof. Dr. Friedrich Bidder", in *Münchener medizinischer Wochenschrift*).

aquel entonces, “no había más que un microscopio”³⁵. Para que un discípulo en formación dentro del laboratorio pudiera utilizarlo, debía sobresalir respecto de sus compañeros, como ocurrió con Bidder o Schwann, y así tener el privilegio de trabajar mano a mano con Müller.

Además de esta carencia en la formación de los estudiantes de Müller, hay que agregar que el fisiólogo alemán nunca se apartó de esos conceptos de carácter más filosófico, como son los de *energía*, *coordinación* y *relación*, mediante los que entendía la vida; una visión en la que se apela a la relación entre los organismos y el medio ambiente (en términos de transacciones energía), que puede asociarse a la *Naturphilosophie* en la que Müller siempre se apoyó.

A diferencia de Müller, sus discípulos se apartaron de estas ideas para formar una nueva escuela, cuya cabeza más visible sería Carl Ludwig, que no estudió en Berlín sino en Marburgo. Cuando éste visitó la Universidad Humboldt en 1847 para entrevistarse con Johannes Müller, tenía la intención de conocer su cátedra y a sus colaboradores. Por tanto, el grupo de reduccionistas pudo encontrarse por primera vez en Berlín, formando una escuela interesada en mostrar cómo la naturaleza de los seres vivos no era distinta a la de los demás objetos físicos que conformaban el universo.

Du Bois-Reymond realizó investigaciones sobre la electricidad animal, oponiéndose claramente a la idea de una fuerza vital, al verla como “un cómodo lugar de reposo donde la razón encuentra paz sobre la almohada de las cualidades oscuras”³⁶. Continuando los trabajos previamente iniciados por los físicos Galvani y Volta, su principal ámbito de investigación fue el de la electrofisiología, obteniendo brillantes resultados empíricos sobre la acción eléctrica de los nervios y la electricidad animal. Por su parte, Ernst Brücke fue catedrático en Königsberg y Viena y centró sus estudios en los órganos de los sentidos. Por citar solo a uno de sus famosos discípulos, baste mencionar a Sigmund Freud. De todos ellos, Herman Helmholtz fue quien encarnó el más cumplido paradigma de la fisiología científica. Contribuyó a establecer las leyes de la conservación de la energía (1847)³⁷ y procuró encontrar relaciones deterministas entre

³⁵ *Ibid.*

³⁶ Coleman, W. (1983), p. 253.

³⁷ El primero en postular la ley de la conservación de la energía fue Julius Robert von Mayer (1814-1878), después de haber llevado a cabo en Indonesia (1840) observaciones sobre los fenómenos de oxidación sanguínea. Poco después, en 1843, James Prescott Joule (1818-1889) lograba definir experimentalmente la caloría. Los tres son considerados, por tanto, los padres de la termodinámica moderna. No obstante, ya en 1824, Sadi Carnot (1796-1832) había formulado el segundo principio de

los fenómenos para obtener leyes capaces de expresarse de forma matemática. Fue el primero en medir la velocidad del impulso nervioso y en establecer una teoría general sobre la percepción, además de hacer varias contribuciones al estudio de la fisiología de la visión, como fue la creación del oftalmoscopio.

Pero sin lugar a dudas, el mayor representante de esta escuela es Carl Ludwig, “verdadero maestro de todos los fisiólogos del mundo de su generación”³⁸. Escribió un *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, en el cual argumentaba que la fisiología era esencialmente análisis. De poder llegar a las partes últimas del organismo, éste se reduciría a fluidos imponderables (éter luminoso y electricidad) y a los elementos químicos dependientes de ellos. Pero su mayor aportación fue la creación de un laboratorio de fisiología que sería el modelo a imitar por todos los laboratorios de experimentación médica. El propio Bernard reprochó a las autoridades francesas el retraso de los centros de su país respecto de los institutos alemanes y puso al laboratorio de Ludwig como ejemplo. En él se desarrolló una forma rigurosa, cuantificable y, en pocas palabras, científica de experimentación fisiológica. Sobre Ludwig se hablará ampliamente en el siguiente capítulo, pues fue maestro de Henry Pickering Bowditch, quien fundó el laboratorio de fisiología de Harvard, centro de investigación que pasaría a dirigir Cannon una vez que Bowditch se retirara.

Por ahora baste mencionar que esta escuela de médicos reduccionistas se opone al vitalismo abiertamente. Para ellos los fenómenos vitales son causados por fuerzas inherentes en los elementos materiales del organismo vivo. Esto quiere decir que, así como se entiende que en la materia interactúan fuerzas químicas y físicas determinadas por la interacción de átomos materiales, las fuerzas que intervienen en la actividad fisiológica deben ser de la misma naturaleza. Bajo esta perspectiva, mientras que a estas fuerzas se las reconozca como movimientos causales que obedecen a la mecánica, “a la dirección de la investigación fisiológica de este grupo se le deberá dar igualmente el nombre de mecánica”³⁹. Así puede apreciarse en una carta de Emil du Bois-Reymond dirigida a Hallmann, fechada en 1843, donde aparece el siguiente juramento que se hicieron a sí mismos Brücke y du Bois-Reymond:

termodinámica acerca de la degradación de la energía, pero su trabajo pasó inadvertido. Finalmente Justus von Liebig (1803-1873) demostró en 1842, a partir de investigaciones sobre los valores calóricos de las materias nutritivas, que las causas de los fenómenos vitales residen en la energía que se libera a partir de los alimentos ingeridos. Barona, J.Ll. (1991), p. 56.

³⁸ Barona, J.Ll. (1991), p. 48.

³⁹ Coleman, W. (1983), p. 255.

Defender la verdad de que en los organismos no actúan otras fuerzas que no sean las fuerzas físico-químicas; que donde, hoy por hoy, estas no bastan para una simple explicación, el modo de su acción debe resolverse para cada caso concreto por medio del método físico-matemático, o habrá que admitir nuevas fuerzas las cuales, siendo de la misma naturaleza que las físicas o químicas, son inherentes a la materia y siempre pueden reducirse a componentes atractivos y repulsivos⁴⁰.

Paralelamente, hubo investigadores que mantuvieron un equilibrio entre la tesis de la peculiaridad de los fenómenos biológicos y la utilización de técnicas físico-químicas para estudiar a los organismos. Un ejemplo es Claude Bernard, con sus estudios acerca de los mecanismos responsables del control de ciertos parámetros fisiológicos, como el calor animal, o sobre lo que él definió como *milieu intérieur* y *milieu extérieur*: nociones que suelen asociarse a aquella que definió Walter Cannon, la *homeostasis*. Una parte considerable de la literatura que se ha escrito al respecto sugiere que Cannon se apoya en las ideas de Bernard, aunque en realidad esta relación no está del todo clara. Más adelante se profundizará en esta cuestión. Por el momento simplemente se quiere recordar que el fisiólogo de Rhône contribuyó a las ciencias biológicas instaurando el método experimental en el terreno de la investigación fisiológica:

El espíritu del experimentador debe ser activo, o sea que debe interrogar a la Naturaleza y presentarle las cuestiones en todos los sentidos, según las diversas hipótesis que uno conciba. [...]

El experimentador no debe aferrarse a su idea más que como medio de solicitar una respuesta de la Naturaleza; pero debe someter esa idea a la Naturaleza y estar dispuesto a abandonarla, a modificarla o a cambiarla, según lo que le enseñe la observación de los fenómenos que haya provocado⁴¹.

La postura de Bernard, común con la de los fisiólogos reduccionistas, es su apuesta por una indagación experimental anclada en las bases químicas y físicas de la fisiología de los organismos: “Me propongo, por lo tanto, establecer que la ciencia de los fenómenos de la vida no puede tener otras bases que la ciencia de los fenómenos brutos, y que no hay bajo este concepto ninguna diferencia entre los principios de la ciencias biológicas y los de las ciencias físico-químicas”⁴². Y también: “En una palabra,

⁴⁰ Lenoir, T. (1992), pp. 55-56.

⁴¹ Bernard, C. (1865): *Introduction à l'étude de la médecine*, J.B. Baillière et Fils, Libraires de L'Académie Impériale de Médecine, París, p. 35.

⁴² Bernard, C. (1865), p. 86.

el determinismo, que quiere la identidad de efecto ligada a la identidad de causa, es un axioma científico que no puede violarse en las ciencias de la vida ni en las ciencias de los cuerpos brutos”⁴³. Después de Bernard fue ya muy difícil criticar los métodos fisicoquímicos utilizados en el estudio de los procesos fisiológicos. Y es justo a partir de la idea de que los fenómenos biológicos pueden ser explicados desde las leyes de la física y la química como surge la concepción mecanicista.

Asimismo, se ha anticipado que el *Origen de las especies*, publicado en 1859 por Charles Darwin, tuvo también su impacto sobre las teorías vitalistas. Darwin dejó atrás las ideas del finalismo biológico aristotélico que, como se ha mostrado, en pleno siglo XIX seguían originando controversia. Darwin basó su concepto de evolución en la idea del azar:

El Darwinismo [...] y neo-darwinismo, proporcionan una base científica para atribuir una necesidad al concepto de azar en el origen y la evolución de la vida: el azar del ambiente adecuado para la reunión de moléculas complejas en un caldo primigenio, los errores al azar de la recopilación de las moléculas ADN, a fin de proporcionar una base para la diversidad de los organismos vivos, el azar de que algunos pocos de estos errores conferirán un valor de supervivencia a sus poseedores, el azar de que el ambiente pueda no ser totalmente hostil para todos los individuos de una población [...] el azar de que el éxito en la supervivencia y en la reproducción puedan, a pesar de todo, conducir a la extinción si los coeficientes exponenciales de incremento prosiguen indefinidamente⁴⁴.

El concepto de selección natural acuñado por Darwin muestra que la vida explora aquí y allá, sin ningún soporte teleológico, la posibilidad de prolongar su existencia en un azaroso entorno, llegando en unos casos a la preservación de las especies y en otros a la extinción. La selección natural es un agente ciego que en el mejor de los casos permite la conservación de ciertos rasgos:

Este principio, en virtud del cual toda ligera variación, si es útil, se conserva, lo he denominado yo con el término de *selección natural*, a fin de señalar su relación con la facultad de selección del hombre.

[...] Metafóricamente puede decirse que la selección natural está buscando cada día y cada hora por todo el mundo las más ligeras variaciones; rechazando las que son malas; conservando y sumando todas las que son buenas; trabajando silenciosa e

⁴³ Bernard, C. (1865), p. 118.

⁴⁴ Birch, Ch. (1983): “Azar, necesidad y propósito”, en Ayala, F. J., Dobzhansky, T. (eds.), *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*, Ariel, Barcelona, p. 293.

insensiblemente *cuando quiera y donde quiera que se le ofrece la oportunidad*, por el perfeccionamiento de cada ser orgánico⁴⁵.

Esta nueva concepción de la naturaleza de los organismos, producto no de un propósito, sino del azar de las condiciones en las que se han desarrollado, terminó por dar el golpe final al vitalismo en su faceta más especulativa. Si bien es cierto que su sombra se prolongará todavía durante el siglo XX.

En resumen, los tres factores que ayudaron a erosionar las concepciones de la *Naturphilosophie* y del vitalismo francés fueron: 1) el Positivismo de Comte, 2) los progresos en física y química, cuyo auge comienza a finales del siglo XVIII, y 3) la teoría de la evolución, que libera al mundo biológico de la teleología aristotélica y coloca en su lugar al azar como factor determinante de la diversificación de la vida⁴⁶. Todo estudio fiable que intente arrojar luz sobre el cambio filosófico que se dio en el siglo XIX para desterrar las ideas vitalistas y avalar el materialismo mecanicista ha de tener en cuenta estas tres causas. Sin embargo, existe un cuarto elemento que posee igual importancia y que muchas veces se ha llegado a obviar, o bien se ha considerado un elemento adyacente a los avances alcanzados en el terreno de la física y la química. Sólo en las últimas décadas, los esfuerzos de algunos historiadores y filósofos de la medicina, como Lenoir, Holmes o el mismo Coleman, han comenzado a ponerlo de relieve. Este cuarto factor es el creciente desarrollo del instituto de investigación experimental o laboratorio de experimentación que, vinculado a las universidades, proliferó en toda Europa a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Su semilla puede localizarse en Alemania. De allí se esparciría por el resto del continente europeo, para finalmente rebasar los límites continentales y llegar a países como Estados Unidos, colocando al país norteamericano a la cabeza de los descubrimientos fisiológicos en el siglo XX. Es en uno de estos laboratorios de fisiología donde Walter Cannon realizó sus estudios y obtuvo los resultados que se analizarán más adelante en este trabajo. También su maestro, Bowditch, o Carl Ludwig lucharon por la constitución de estos centros de

⁴⁵ Darwin, Charles (1859): *On the origin of species*, ed. by J. W. Burrow, Harmondsworth, Penguin Books, 1981, 1ª ed. Londres, John Murray ed., pp. 81-84 Vers. cast., Madrid, Espasa-Calpe, 2001.

⁴⁶ El trabajo de Dolores Escarpa (2004) es especialmente minucioso al describir estos tres factores. Su lectura es recomendable si se pretende conocer de forma más detallada el impacto sobre las teorías vitalistas de los *Naturphilosophen*. Para este trabajo, tiene mayor importancia el cuarto factor; por esta razón, solo se han expuesto los más importantes que ayuden a comprender el contexto del decaimiento de dichas teorías.

experimentación y aprendizaje, formando una cadena maestro-discípulo en la que se integrará el fisiólogo norteamericano objeto de nuestra investigación.

1.3. El fenómeno de la institucionalización científica: la creación y consolidación del laboratorio de fisiología en Alemania y Estados Unidos

1.3.1. El caso alemán

Han sido expuestas tres de las razones que contribuyeron al abandono de las teorías vitalistas de la *Naturphilosophie*. Dentro de ellas, se ha hecho especial hincapié en la influencia que tuvo la escuela de materialistas médicos alemanes al proponer una nueva forma de construir la fisiología desde un enfoque exclusivamente experimental, y reduciendo los procesos biológicos a interacciones físicas y químicas susceptibles de medición. Sin embargo, es importante detenerse todavía más en la situación histórica de la medicina alemana durante el siglo XIX. Es en la Alemania de este periodo donde el fenómeno de la institucionalización de las ciencias experimentales adquiere presencia de forma significativa⁴⁷. Como se ha anticipado anteriormente, este hecho es uno más de los factores que influyen en el declive de la *Naturephilosophie* y en el cambio epistemológico que abrió camino al materialismo mecanicista. Además, las consecuencias de la institucionalización de la fisiología experimental en Alemania están estrechamente ligadas a Walter Cannon. Como se verá más tarde, Ludwig fue el promotor del gran laboratorio que se convertirá en modelo de estos recintos en Europa y otras partes del mundo. En efecto, se avecinaba un cambio en la historia de la medicina que llevaría, tras la fase de protagonismo de los hospitales, al modelo donde el centro de acción es el laboratorio:

En la Edad Media la medicina se desarrolló alrededor de las bibliotecas. Durante los siguientes tres siglos, al igual que en la Antigüedad Clásica, se convirtió en la medicina de cama, pero en el siglo XIX se organizó alrededor de los hospitales. Los hospitales fueron un factor tan decisivo en el desarrollo de la medicina a comienzos del siglo XIX, que este periodo bien se podría caracterizar con el nombre de medicina de *hospitales*,

⁴⁷ En Inglaterra y especialmente en Francia también se produce, pero no con tanta profundidad como en Alemania.

para distinguirlo de sus anteriores, de *librería* y medicina de *cama* y de su sucesora que bien podríamos llamar medicina de *laboratorio*⁴⁸.

Cuando la medicina cambia la idea de patología humoral por la de patología anatómica, cambia su forma de enfrentarse a las enfermedades. La misión del médico consiste en identificar aquellas lesiones que pueden causar la muerte. Por esta razón, se incrementan los estudios *post-mortem*, que pasan a formar parte de la rutina médica que persigue explorar la anatomía de los cadáveres para localizar las señales que puedan anticipar la enfermedad en los pacientes vivos y localizar el lugar donde se origina su causa; los medios de los que se vale el médico son percusión, palpación, auscultación, etc. Y aunque estos recursos ampliamente usados a comienzos del siglo XIX siguen empleándose en la actualidad, la situación cambió a partir de dicha centuria, cuando, además de la consolidación de la fisiología como rama independiente a la anatomía, se da un mayor impulso a la creación de laboratorios. Es a partir de este momento cuando surge la posibilidad de estudiar las enfermedades de un modo más certero. En 1865 Claude Bernard expuso su posición al respecto:

En una palabra, consideramos al hospital tan sólo como el vestíbulo de la medicina científica; es el primer campo de observación en que debe entrar el médico; pero el verdadero santuario de la ciencia médica es el laboratorio: aquí es sólo donde busca la explicación de los fenómenos de la vida, así en su estado normal como en el patológico, por medio del análisis experimental. No debemos ocuparnos aquí de la parte clínica de la Medicina; la suponemos conocida y perfeccionándose cada día más en los hospitales con los medios nuevos de diagnóstico que la Física y la Química ofrecen sin cesar a la semiótica. Creemos que la Medicina no acaba, como se cree, en el hospital, sino que allí empieza. El médico celoso de merecer este nombre en un sentido científico debe salir del hospital, ir a su laboratorio, donde procurará, por experimentos hechos sobre animales, darse cuenta de lo que ha observado en sus enfermos. Ya con relación al mecanismo de las enfermedades, ya a la acción de los medicamentos, ya al origen de las lesiones morbosas de los órganos o de los tejidos, allí es, en una palabra, donde se formará la verdadera ciencia médica⁴⁹.

La química, la física y la fisiología cobran una importancia principal dentro de las universidades y es de ellas de donde parte, como empeño fundamental, la construcción de grandes laboratorios de investigación, que no sólo se convierten en los recintos de práctica para los futuros profesionales que se están formando, sino que son

⁴⁸ Ackerknecht, Erwin H. (1982): *A Short History Of Medicine*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, p. 146.

⁴⁹ Bernard, C.: (1865), p. 205.

el origen de la metodología a la cual está habituada la investigación científica en la actualidad, así como la raíz de una rápida expansión de nuevos descubrimientos. También los laboratorios supusieron una revolución en los hábitos pedagógicos de las universidades, cuyas facultades de Medicina, Química, etc., obtuvieron no solo un gran impulso gracias a estos recintos, sino que comprendieron que la única forma de que el estudiante aprendiera su especialidad era la práctica directa del experimento.

Todos estos aspectos influyeron en la atención que prestó el Estado alemán a la educación universitaria de carácter experimental y en la proliferación de instituciones de investigación. Allí surgió la imagen del laboratorio moderno actual. Un acontecimiento que, por otro lado, no sorprende si se piensa en el marco de expectativas políticas y económicas con las que contaba Alemania: “El impacto potencial del conocimiento fisiológico sobre la salud y la enfermedad se volvió lo suficientemente potente para atraer el interés del mundo político.”⁵⁰ Este es uno de los puntos ineludibles si se quiere evaluar acertadamente el porqué del tremendo desarrollo científico que tuvo esta nación frente a otros países de Europa y frente a Estados Unidos.

El avance comenzó lentamente, pero cuando la propagación de la institucionalización científica comenzó a abrirse paso, el cambio fue notable. A comienzos de siglo los avances científicos fueron dominantes en Francia e Inglaterra. No hay que olvidar que este es el momento de mayor influencia de la filosofía romántica, especialmente de la *Naturphilosophie*, que obstaculizó el progreso en Alemania. Aun así, puede apreciarse una modesta contribución a la investigación fisiológica entre 1810 y 1830. Pero en las décadas posteriores es innegable el creciente aumento de sus avances y contribuciones en esta área, con un incremento notable entre los años 1870 y 1900. Ya entrado el siglo XX, la aportación alemana comenzó a descender, mientras que la norteamericana empezó a despuntar (véase la Figura 1.1):

⁵⁰ Coleman, W., Holmes, F.L. (eds.) (1988): *The investigative enterprise: Experimental Physiology in the nineteenth century medicine*, University of California Press, London, p. 4.

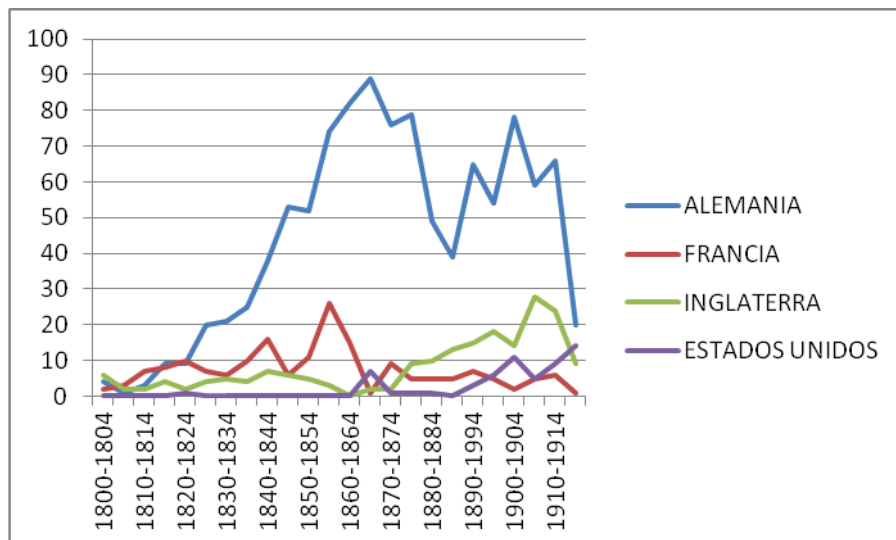


Figura 1.1. Número de contribuciones originales a la fisiología en Alemania, Francia, Inglaterra y Estados Unidos⁵¹.

La Figura 1.1 muestra el incremento de descubrimientos en Alemania frente a otros países. Si se observan los acontecimientos relacionados con el estado de la educación alemana a principios del siglo XIX, especialmente en materia científica, se podrá apreciar el vínculo que existe entre los descubrimientos y la atención que brinda el Estado (y las autoridades universitarias) al proceso de la institucionalización. Como es notorio en el gráfico, el verdadero cambio llega a mediados de siglo. Antes de este periodo existe una falta de atención a la formación universitaria y una carencia de apoyo estatal hacia la investigación científica. Un reflejo de esta situación puede verse en el tipo de educación que recibían los estudiantes alemanes: “Al iniciarse el siglo, cada una de las 18 universidades alemanas existentes poseía todavía la tradicional estructura medieval, con facultades de Teología, Derecho, Medicina y Filosofía. La finalidad de la educación era la formación de teólogos y fieles servidores del Estado”⁵². Si existían algunas excepciones, éstas no se daban en universidades, sino en academias privadas como la de Berlín, que seguía el patrón francés⁵³. Paulatinamente fue produciéndose una revolución en la organización de la ciencia alemana, y conforme los Estados se hicieron conscientes de la utilidad que podrían tener los resultados de esta labor científica, especialmente con vistas a una nascente economía que tendría su base en una mayor

⁵¹ Fuente: los datos para la realización del gráfico se obtienen de Sánchez Ron, J.M. (2007): *El poder de la ciencia*, Crítica, Barcelona, pp. 229-230.

⁵² Sánchez Ron, J.M. (2007), p. 72.

⁵³ No debe olvidarse que cuando comenzaba el siglo XIX la ciencia francesa se hallaba en una posición de dominancia; algo que iría perdiendo según avanzaba la centuria, especialmente en relación con Alemania.

fuerza industrial y en el capitalismo incipiente de la época, su compromiso y colaboración fue incrementándose. Conforme avanzó el siglo, el resultado fue que el fenómeno de la institucionalización consiguió cada vez mayor aceptación. La transformación partió de las propias universidades alemanas:

El instituto científico pertenecía a las universidades, y en la segunda mitad del siglo XIX ambos se expandieron en número y matriculaciones y cambiaron dramáticamente en cuanto a su carácter; el instituto, y no menos el fisiológico, siguió estos cambios. Por un periodo de tres generaciones los institutos fueron creados en universidades alemanas para alentar el desarrollo de prácticamente toda disciplina científica, médica o humanística⁵⁴.

Varios son los factores que ocasionaron el progreso de la institucionalización y, por ende, un mayor número de avances científicos en Alemania durante este siglo. Uno de ellos fue sugerido por German Zimmer, que acude a la peculiar situación política y geográfica de Alemania en aquel entonces. Como se ha comentado más arriba, además de Prusia, Austria, Baviera y Sajonia, había numerosos Estados y reinos durante esta época. En comparación con Francia, no existía una organización política centralizada y tampoco una capital común para los alemanes. De hecho, todas las universidades eran independientes y las mantenían sus reyes o príncipes, lo que en principio garantizaba una descentralización académica. Un ejemplo de esta situación puede encontrarse en el laboratorio Justus von Liebig, que no se hallaba en una gran urbe, sino que se fundó en una modesta ciudad: “Liebig estableció una escuela de investigación en química orgánica en la pequeña ciudad provinciana de Giesse, que llegaría a convertirse en el modelo del que desciende el laboratorio universitario de investigación y enseñanza al que estamos acostumbrados”⁵⁵.

Por tanto, cada Estado competía por hacerse con los mejores científicos que pudiera formar y esto, a su vez, contribuía a cubrir ciertas necesidades prácticas, como laboratorios, equipo, personal de asistencia y financiación para los proyectos. Una forma de comprobar este interés es el sueldo que recibían los científicos mejor consolidados de la época: “Herman Helmholtz era el segundo científico mejor pagado en la Facultad de Medicina cuando se mudó de Bonn a la Universidad de Heidelberg en

⁵⁴ Coleman, W., Holmes, F.L. (eds.) (1988), p. 6.

⁵⁵ Sánchez Ron, J.M. (2007), p. 62.

1858.”⁵⁶ Otro aspecto que puede ayudar a explicar este éxito en la contribución a la investigación fisiológica en Alemania recae en la estructura de la universidad alemana. A diferencia de lo que ocurría en las universidades francesas o inglesas, donde los científicos que realizaban investigaciones recibían una financiación privada, pero casi nula por parte de sus gobiernos, en el caso alemán el Estado les pagaba como científicos a tiempo completo, lo cual les obligaba a tener un rendimiento exigente en sus investigaciones y clases. En compensación, recibían la seguridad de un trabajo que tenía perspectivas de futuro.

La institucionalización en Alemania suele dividirse en dos periodos. El periodo inicial se refiere a aquellos sencillos laboratorios de fisiología fundados entre 1836 y 1846, que se instauraron en tres ciudades prusianas. El primero de ellos fue construido por el conocido fisiólogo de Breslau Jan Purkyně, que envió a Berlín unos diseños para un instituto de demostración experimental. A él se le atribuye el primer laboratorio de fisiología en una universidad alemana (Breslau) en 1839. El segundo se inicia a partir de 1843 de la mano del botánico y fisiólogo Karl Heinrich Schultz (1798-1871). Schultz planteó un plan más modesto para la Facultad de Medicina de Berlín. Finalmente, hallamos otra propuesta que tuvo lugar en 1846, en Bonn, por mediación de Julius Budge (1811-1888), quien solicitó permiso para la construcción de un instituto de fisiología privado, como vía de formación intermedia para los estudiantes entre el instituto anatómico y la formación clínica.

Algunas décadas después tuvo lugar la segunda, y definitiva, ola de institucionalización, marcada por el gran Instituto de Leipzig, del que se hablará con más profundidad en el siguiente capítulo: “La revolución de los institutos es usualmente datada, quince años después en Leipzig, cuando Carl Ludwig construyó su gran nuevo instituto que se convirtió en el modelo de otros once institutos similares que se crearon en otras universidades de habla alemana entre 1870 y 1890”⁵⁷.

Estos centros fueron la cuna de los materialistas médicos, citados más arriba. Científicos a los que se ha incluido dentro de un único grupo por tener las mismas expectativas e ideas sobre la investigación fisiológica. Para todos ellos, el instituto de fisiología se convirtió en el centro de la investigación médica. Los trabajos

⁵⁶ *Ibid.*

⁵⁷ Kremer, Richard L. (1992): “Building Institutes for Physiology on Prussia, 1836-1846”, en Cunningham, A., Williams, P. (eds.) (1992), p. 73.

experimentales que se realizaron fueron muy variados: desde la manipulación fisiológica (como puede ser la estimulación neurológica, destacando la identificación de distintos nervios espinales), la extirpación de órganos (por ejemplo, la extracción de los nervios de la espina dorsal de una rana para el análisis del comportamiento de los reflejos) o simples análisis químicos. Las investigaciones no se limitaban a la mera observación, sino que perseguían una intervención activa de los investigadores sobre los organismos. Para ello era necesaria la disección, la vivisección, el aislamiento de órganos, la perfusión de sustancias químicas y la estimulación (ya fuese química o física). Dado que la precisión se convirtió en uno de los mayores valores de este tipo de experimentos, se propició el uso de una nueva y gran variedad de aparatos fisiológicos de medición. La metodología tiende al reduccionismo físico-químico. Sólo aquello que puede ser sometido a una cuantificación exacta obtiene la categoría de científico.

Cuando se comenzó a fijar el uso de aparatos de medición exacta para conseguir una cuantificación fiable de los procesos fisiológicos y se acudió a las técnicas físico-químicas, fue cuando el experimento cobró una importancia significativa. Purkyně, por ejemplo, tenía la convicción de que únicamente el contacto directo con el objeto (el organismo) permitía llegar a una indagación que proveía de verdadero conocimiento al investigador. Era necesaria la construcción de aparatos físicos de medición que para estudiar los procesos naturales. Sin embargo, aliados de la *Naturphilosophie*, como en un principio lo fue Johannes Müller, preferían una sistemática observación de los procesos antes que la intervención activa.

Es esta especulación de la *Naturphilosophie* la que ya no tenía sentido. Quizá esa sea la principal razón por la que los progresos en química y física, y su relación con la teoría fisiológica, sean considerados un factor determinante en el creciente descrédito del vitalismo. No obstante, también fue el fenómeno de la institucionalización, de forma independiente, un arma en contra de las ideas vitalistas, dada su notable influencia pedagógica. Los laboratorios fueron el origen de un cambio importante en la educación y en los proyectos de investigación, que llevó a los alumnos a formar parte activa en el desarrollo y generación del conocimiento científico. Esto, indudablemente, debe considerarse un cambio significativo en la planificación educativa que favoreció, además, la divulgación del nuevo modelo mecanicista.

En los laboratorios de investigación, los médicos y fisiólogos encontraron el ambiente especializado indispensable para las indagaciones científicas. “La instrucción,

se convirtió en instrucción para descubrir; el estudiante estaba forzado a aprender a través de la práctica”⁵⁸. Ya se verá que el ánimo pedagógico era común en todos estos fisiólogos, especialmente en Ludwig, pero su raíz puede encontrarse en el instituto de Purkyně, que se inauguró el 8 de noviembre de 1839. Como formador de futuros médicos, Purkyně, ya en 1824, había introducido demostraciones experimentales de forma regular en sus clases de fisiología. Y en 1828, realizaba lo que él llamaba “cursos experimentales”, es decir, cursos con participación de los asistentes en las demostraciones. Esta forma de llevar a cabo la enseñanza de la fisiología proliferará en otros lugares: “Hacia el final del siglo, el instituto [fisiológico] se ha convertido en un elemento esencial en las universidades escandinavas, rusas, del este de Europa, suizas y alemanas. Más adelante la idea del instituto de experimentación cruza el océano y estimula grandes cambios en la instrucción e investigación dentro de las universidades en Estados Unidos”⁵⁹.

Por último, otra situación importante que comenzó a cambiar, debido a la creación y el éxito de estos institutos, fue la concepción de la investigación a partir de la colaboración en un grupo de trabajo. Antes de 1850 la figura del investigador estaba definida: Claude Bernard y Magendie, en Francia; John Hunter y Charles Bell, en el Reino Unido; y Johannes Müller y Purkyně, en Prusia. Pero con la institucionalización se formaron grupos completos de investigadores que mediante su colaboración fueron obteniendo importantes resultados. Por tanto, el éxito o fracaso de una investigación recaía sobre varias personas. Las publicaciones donde aparecían los avances que iban obteniéndose en los laboratorios comenzaron a llevar la firma de más de un investigador; un hecho nada extraño en la actualidad.

Hacia finales de siglo, los laboratorios de investigación experimental ya se habían convertido en un componente indispensable en la educación médica, no sólo de Alemania, sino de otros países, como los escandinavos, Rusia, Suiza y otras naciones de la Europa del Este. Todos estos recintos estaban bien enraizados en sus respectivas universidades, de las que formaban parte. Alemania se mantuvo a la cabeza durante todo el siglo. Sin embargo, a principios del siguiente, la idea de la formación de este tipo de instituciones saltó de continente, momento en que la potencia que empieza a

⁵⁸ Coleman, W. (1992): “Prussian Pedagogy: Purkyně at Breslau, 1823-1839”, en Coleman, W., Holmes, F.L. (eds.): *The Laboratory Revolution in Medicine*, Cambridge University Press, New York, p. 15.

⁵⁹ Coleman, W., Holmes, F.L. (eds.) (1988), p. 9.

costrar mayor fuerza son los Estados Unidos, estimulando profundos cambios en la investigación fisiológica. Se expondrá a continuación, pues, cuál era el panorama de la fisiología en Norteamérica durante este periodo.

1.3.2. *El caso americano*

Hablar sobre la investigación fisiológica en Estados Unidos a lo largo del siglo XIX es complicado, no solo por la escasez de fuentes, sino por su limitada realidad. Casi no existieron investigaciones en este terreno y aquellas que destacaron siguieron el mismo modelo que se practicó en Europa, especialmente el patrón inglés: “[La medicina americana] en un principio fue importada desde Europa por los primeros colonos y estuvo muy influida por el desarrollo de las fuentes europeas”⁶⁰. Una de las razones de su retraso es la reducida actividad experimental, situación que no empezó a cambiar hasta la década de 1860. Antes de esta fecha, destacan dos fisiólogos: John Richardson Young (1782-1804) y William Beaumont (1785-1853), a quienes puede considerarse los iniciadores de la fisiología norteamericana. Dentro de las aportaciones de Young, cabe destacar la disertación *Acerca de los principios de la nutrición y el proceso digestivo*, que realizó en Filadelfia, en 1803, para obtener su grado como médico en la Universidad de Pensilvania. En ella comprobaba la acción del jugo gástrico sobre la carne, demostrando su acidez y que es una secreción más de la digestión, al igual que la saliva. Su carrera tuvo un abrupto final, dado que murió a los 22 años.

William Beaumont (1785-1853) pasó a la historia gracias a los estudios que realizó, entre 1824 y 1833, sobre un cazador canadiense que, por haber recibido un disparo a bocajarro en el estómago, conservó una gran fístula por la que se podía observar el interior del aparato digestivo. Claude Bernard, en su *Introduction à l'étude de la médecine*, menciona a este cirujano. La intención de Bernard era la de ejemplificar la diferencia entre la observación activa y la pasiva. En el primer caso, el investigador interviene bajo una idea preconcebida e intenta hacer aparecer aquellos fenómenos que no se ofrecen previamente ante su vista. Para explicar el segundo tipo, Bernard se vale de Beaumont, dado que este último, sin contar con una verdadera programación, tuvo la suerte de encontrar al mencionado paciente con su fístula en el vientre. Esta

⁶⁰ Rosen, G. (1936): “Carl Ludwig and his American Students”, en *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, The Johns Hopkins University Press, vol. 4, n.º 8, p. 609.

contingencia le permitió la realización de observaciones de distintos procesos del aparato digestivo, como el análisis del jugo gástrico y de la mucosa abdominal. También pudo observar los movimientos estomacales y sus variaciones de secreción bajo distintas condiciones⁶¹. Bernard critica esta forma de experimentación, permitiéndose hacer una introducción de conceptos que más adelante utilizará en su tratado. Concluye: “[...] en la comprobación de los fenómenos clasificados como experimentos no siempre interviene la actividad manual, puesto que estos fenómenos pueden, como hemos visto, presentarse en observaciones pasivas o fortuitas”⁶². Este caso también sirve para hacer evidente la poca observación activa que se realizaba en Estados Unidos durante la primera mitad del siglo XIX; aspecto que, como se verá, cambió notablemente hacia finales de siglo. Walter Cannon, al igual que Bernard, entendió así la forma de afrontar la investigación fisiológica. Cada cuestión por la que se interesó, fue sometida experimentación a partir de una idea que esperaba fuera fructífera.

No es de extrañar, pues, que el enfoque experimental no fructificara en Estados Unidos durante esta primera época, ya que no existía una enseñanza que utilizara laboratorios. No será hasta la década de 1860-1870 cuando surja un nuevo interés por la fisiología. Aparecen cátedras específicas y comienza a haber estudios experimentales con la ayuda de laboratorios que en un principio tienen que sostenerse con ingresos privados. Sin embargo, es a partir de la revalorización de esta especialidad por parte de la comunidad médica, cuando se dará el paso a un progreso en sentido estricto. Un interés que, además, se vio incrementado al percibirse el camino que quedaba por recorrer, frente a los progresos y resultados que ya proliferaban entonces en las investigaciones europeas.

Parte de ese avance surge al comprenderse las deficiencias del sistema educativo en las escuelas de Medicina. Por ejemplo, de todas las escuelas que existían en Estados Unidos, “solo la Johns Hopkins exigía a sus estudiantes estar graduados en un *college approved*, institutos oficiales o escuelas científicas, y que cumplieran requisitos como el conocimiento del francés, el alemán, la física, la química y la biología”⁶³.

⁶¹ Sus observaciones fueron publicadas en Beaumont, W. (1834): *Experience and Observation on the Gastric Juice and the Physiological Digestion*, Boston.

⁶² Bernard, C. (1865), p. 16.

⁶³ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987): *Walter B. Cannon; The Life and Times of a Young Scientist*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, p. 33.

En la década siguiente (1870-80), los fisiólogos americanos se dieron cuenta de que sin laboratorios ni investigación experimental no era posible ponerse al nivel de Europa. De esta forma surgió el primer laboratorio propiamente fisiológico en la Harvard Medical School de Boston, en 1871, creado por Henry Pickering Bowditch y que pasó a ser dirigido por Cannon ya entrado el siglo XX. Poco después, en 1876, llegado desde Cambridge, Henry Newell-Martin (1848-1896) fundó el segundo centro de investigación fisiológica dentro del país, en la Johns-Hopkins University de Baltimore.

En estos dos laboratorios la fisiología estadounidense comenzó a cobrar consistencia. Tanto Bowditch como Newell-Martin encontraron en sus respectivos ámbitos muy buenos colaboradores⁶⁴. Muchos de ellos fueron enviados a Europa para adquirir una formación especializada. Destinos como París, donde se encontraba el laboratorio de Bernard; Berlín, donde estaban Virchow y más adelante Koch, pero especialmente la ciudad alemana de Leipzig, en la que tenía su centro de investigaciones Carl Ludwig, fueron destinos frecuentes.

Otro dato significativo es que hasta 1887 la comunidad de investigadores en fisiología no fundó la *American Physiological Society* (en Nueva York). Es claro que el interés por fomentar esta rama de la biología comenzaba a ampliarse, pero todavía se encontraba en desventaja frente al Viejo Mundo. Sólo diez años después de la creación de la sociedad, apareció el primer número de la revista científica *American Journal of Physiology*. Frente a ello, su homóloga inglesa (*Journal of Physiology*) ya había comenzado a circular en el Reino Unido casi dos decenios antes.

Con la generación posterior de especialistas, después de estos años fundacionales, comenzó el desarrollo de la fisiológica a un ritmo acelerado. En pleno siglo XX, en el periodo de entreguerras, Estados Unidos alcanzó su absoluta independencia. “Poco a poco, a partir de 1920, va convirtiéndose en la nación rectora en el ámbito de la fisiología”⁶⁵.

La institucionalización de la fisiología, tanto en Alemania como más adelante en Estados Unidos, ofreció una base sólida en dos sentidos: por un lado, para una mayor eficacia pedagógica, y por otro, para el incremento de los descubrimientos originales en

⁶⁴ En los siguientes capítulos se comentará en profundidad la labor de estos colaboradores; especialmente la de Bowditch, el científico que más interés tiene para este estudio.

⁶⁵ Rothschild, K.E. (1974): “La Fisiología”, en P. Lain Entralgo (ed.), *Historia Universal de la Medicina*, Salvat Ediciones, Barcelona, Tomo IV, p. 86.

este área de investigación. Además, ambos sentidos se encuentran tan vinculados que se puede hablar de un cambio profundo en la forma de concebir la formación médica. Ahora los estudiantes de medicina tienen que enfrentarse directamente a su ámbito de estudio a través de la experimentación, pero esto a su vez los lleva a ser partícipes de la generación de nuevos descubrimientos a partir de los resultados de sus investigaciones. Esta situación consiguió principalmente que se fuese apagando la llama del vitalismo y que el mecanicismo adquiriera un importante auge. Tal vez sea una manera muy simplista de mostrar las diferencias entre vitalistas y mecanicistas, pero Needham lanzó esta proclama: “los vitalistas esperaban que el método científico aplicado a la vida y a la mente fallara, los mecanicistas esperaban que tuviera éxito”⁶⁶. De hecho, no es que los vitalistas esperaran que no tuviera éxito, sino que creían firmemente que las leyes físico-químicas no podrían nunca ayudar a conocer la esencia de los organismos vivos. Por otro lado, los mecanicistas confiaban en que si bien no todo podía ser explicado en aquel momento por los métodos de la física y la química, algún día este objetivo sería alcanzable. Y esa misma es la opinión que defendió el probablemente mayor representante del mecanicismo: Jacques Loeb. No obstante, fue también su exagerado reduccionismo frente a los fenómenos concernientes a la vida, formulando explicaciones demasiado simplistas, lo que impidió que sus teorías gozasen de plena aceptación científica.

1.4. La concepción mecanicista de la vida

Si puede hablarse de una diferencia clara entre el siglo XIX y el siglo XX en biología, ésta estriba en que desde 1900 es muy raro que se cuestione la validez del uso de técnicas fisicoquímicas en la investigación fisiológica. A ello se suma que la concepción materialista de la vida se ha consolidado por completo, o sea, que “la materia existe con anterioridad e independencia de todas las percepciones sensibles o ideas acerca de su naturaleza y organización. Los fenómenos de la naturaleza se deben todos a la materia en movimiento, que obra conforme leyes cognoscibles”⁶⁷. Las investigaciones a partir del siglo XX podrán dar lugar a posturas encontradas —tal y como se verá—, pero encuentran similitudes en su experimentalismo, en su práctica asistida por los avances

⁶⁶ Needham, J. (1991), p. 245.

⁶⁷ Allen, E. (1983), p. 32.

químico-físicos y en su materialismo. Y son el materialismo holista y el materialismo mecanicista las dos doctrinas que se enfrentarán en la primera mitad de este siglo.

Una de las principales presentaciones del materialismo mecanicista llegó de la mano de un amigo de Walter Cannon, Jaques Loeb⁶⁸. Fue una presentación que llevó a cabo en su conferencia titulada “La Concepción Mecanicista de la Vida” dentro del Primer Congreso Internacional de Monistas, organizado por el biólogo alemán Ernst Haeckel (1834-1919) en 1911. Un año más tarde sería publicada como libro con el mismo nombre. En ella expuso su idea de la reducibilidad de todos los fenómenos biológicos a materia en movimiento (de moléculas y átomos). El estudio de los seres vivos debía reducirse, así, a un estudio experimental bajo la orientación de las leyes que rigen en la física y la química.

Jacques Loeb adquirió su formación académica en una época revolucionaria para el mundo biológico —de hecho nació en 1859, el mismo año de la publicación del *Origen de las Especies* de Charles Darwin—. Un periodo el que, como se ha visto anteriormente, surgieron debates sobre la naturaleza de los seres vivos y la forma en que debían ser estudiados. Desde sus estudios preuniversitarios en el *Askanische Gymnasium*, entró en contacto con la Filosofía de Schopenhauer. De él le interesa el problema de la libre voluntad (o libre albedrío) y cómo justifica aquél que todo lo que ocurre, ocurre necesariamente; es decir, que el libre albedrío es una ilusión en el hombre⁶⁹. Estas reflexiones le llevaron a querer estudiar Filosofía en la Universidad de Berlín en 1880, donde comenzó a desarrollar su pensamiento, convencido de que el mundo es determinista y que en realidad no existe la libertad. Para Loeb, de ser posible un dominio de las causas (discernibles) que rodean y conducen a los individuos, sería posible también conseguir una organización racional y predecible de la sociedad humana. No obstante, en los debates filosóficos no halló un medio adecuado para poder desarrollar su ya consolidado pensamiento. Por ello, una vez terminado el primer semestre, decidió intentar comprender la naturaleza humana a través de sus leyes

⁶⁸ Aunque ambos participaron en varios proyectos juntos —uno de ellos consistió en recabar fondos para ayudar a Pavlov cuando éste casi se muere de hambre dada la situación de Rusia— sus posturas teóricas en fisiología no pueden ser más diferentes. Si puede hablarse de un rasgo común, éste se halla en la rigurosa experimentación que los dos practicaron.

⁶⁹ Schopenhauer afirma: “Todo eso se debe a que nuestros actos son el producto necesario de dos factores, uno de los cuales, nuestro carácter, está irrevocablemente fijado [...]; el otro son los motivos; éstos se hallan en el exterior, son originados con necesidad por el curso del mundo y determinan el carácter dado, bajo el supuesto de su naturaleza fija, con una necesidad equivalente a la mecánica. Véase en Schopenhauer, A. (2006): *Parerga y Paralipómena*, Editorial Trotta, Madrid, p. 233.

fisiológicas, por lo que empezó a estudiar medicina. En primer lugar acudió a la Universidad de Munich y más adelante a la Universidad de Estrasburgo, donde obtuvo su grado de médico en 1884. En esta universidad participó en proyectos de neurofisiología en el laboratorio de Friedrich Leopold Goltz (1834-1902), que a su vez fue discípulo de Herman Helmholtz, quien, como se ha explicado, es un claro ejemplo de científico mecanicista y opositor a los vitalistas. Para él:

...los organismos vivos serían máquinas en movimiento perpetuo si derivasen la energía de una fuerza vital especial, aparte de la energía derivada de su alimentación. El principio de la imposibilidad del movimiento perpetuo indicaba por tanto que los animales obtenían su energía sólo de sus alimentos, convirtiendo la energía química de la comida en una cantidad equivalente de calor y trabajo mecánico⁷⁰.

Junto con Goltz, Loeb estudió la localización de las funciones cerebrales. No obstante, “comenzó a ver que las técnicas neurofisiológicas eran también demasiado primitivas para que pudiesen servir al descubrimiento de las causas sutiles y complejas de la conducta animal y sobre todo de la humana”⁷¹.

Este hecho llevó a Loeb a querer dar un vuelco a sus investigaciones, por lo que cambió de escenario académico trasladándose a la Universidad de Würzburg en 1886. Trabajó como ayudante del fisiólogo mecanicista Adolph Fick, quien a su vez fue discípulo de Carl Ludwig. Una de las principales relaciones que entabló en dicha universidad fue con el fisiólogo vegetal Julius Von Sachs (1832-1897), que en ese momento estudiaba los tropismos de las plantas. Para Sachs, las plantas cuentan con respuestas automáticas, inevitables, del organismo cuando se cumplen un número determinado de condiciones (gravedad, luz, temperatura, etc.). Sachs concluyó que los procesos tenían su causa en principios químicos y mecánicos. Es probable que en estos estudios Loeb encontrara nuevamente un apoyo a sus especulaciones filosóficas sobre la naturaleza determinista de los organismos. De hecho, fue entonces cuando halló un objeto de estudio que centrará sus siguientes investigaciones. Su idea, a partir de ese instante, consistió en llevar el concepto de *tropismo* a sus últimas consecuencias, procurando establecer la existencia de un determinismo fisiológico general, que en última instancia sería la causa de la conducta animal particular.

⁷⁰ Manson, S.F. (1988): “La ciencia en el siglo XIX”, en *Historia de las Ciencias.*, Alianza Editorial, Madrid, tomo 4, p. 134.

⁷¹ Allen, E. (1983), p. 173.

Dado el contexto académico donde Loeb se formó, con la influencia directa de grandes investigadores mecanicistas y reduccionistas, no es de extrañar que cuando emigró en 1891 a Estados Unidos se convirtiera “en uno de los portavoces más expresivos de un nuevo mecanicismo y su contraparte metodológica, el experimentalismo”⁷². A partir de este momento Loeb intentó mostrar que los animales también son afectados por factores externos, al igual que hizo su amigo Sachs con las plantas. Pretende convertir la biología en una ciencia que sea tan predictiva y determinista como la física misma. Por esta razón, comenzó sus estudios partiendo del análisis de la conducta animal en su forma más simple: los tropismos. La base de sus especulaciones la resumió muy acertadamente Jerry Hirsch: “Así como no atribuimos voluntad, deseo o mente a las plantas, no hay razón para adjudicar tales propiedades a los animales, que se comportan de la misma forma bajo idénticas condiciones”⁷³. Estas investigaciones sobre los tropismos animales y su fisiología vieron la luz en su publicación de 1912, *The Mechanistic Conception of Life*⁷⁴.

The Mechanistic Conception of Life está dividida en dos estudios. El primero abarca las células vivas, centrándose en el fenómeno de la partenogénesis. El segundo analiza propiamente las causas de la conducta animal. Precisamente es esta parte la que mejor caracteriza la perspectiva mecanicista de Loeb. Sus estudios partieron del descubrimiento de que existe una influencia de los estímulos lumínicos, químicos y eléctricos en los animales inferiores, al igual que sucede con las plantas. Por ejemplo, que animales como las orugas “se mueven inexorablemente hacia una fuente luminosa, aun cuando su fuente de alimento se encuentre en dirección opuesta”⁷⁵. Este dato le condujo a formular su famosa tesis con referencia a los organismos positivamente heliotrópicos: “los animales son esclavos de la luz”⁷⁶, con lo que quería subrayar que este clase de seres vivos no cuentan con una verdadera voluntad o instintos (en este caso el de supervivencia), sino que son muy parecidos a máquinas programadas para seguir la luz (u otro tipo de energía). Tal idea pudo confirmarla Loeb por completo gracias a un inventor de principios del siglo XX llamado John Hays Hammond Jr., quien diseñó y

⁷² Allen, E. (1983), p. 174.

⁷³ Loeb, J. (1990): *Movimiento forzados, tropismos y conducta animal*, prólogo de J. Hirsch, Trillas, México, pp. 10-11.

⁷⁴ Loeb, Jaques (1964): *The Mechanistic Conception of Life*, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.

⁷⁵ Mondella, F. (1985), p. 132.

⁷⁶ Loeb, J. (1990), p. 52.

desarrolló un ingenio (una especie de perro mecánico con ruedas) que reaccionaba ante las fuentes de luz, de manera que se desplazaba hacia ellas:

Los animales son tratados como mecanismos cuyos actos aparentemente voluntarios o instintivos —como, por ejemplo, el movimiento hacia la luz— fueran fenómenos puramente físicos. La mejor prueba de que nuestro punto de vista es el correcto consistiría en que se pudiera construir máquinas que mostraran el mismo tipo de voluntad o instinto al de un animal yendo hacia la luz⁷⁷.

Uno de los principales problemas a los que se enfrentó fue la idea todavía prevaleciente en esa época de lo que él llamó el aspecto aristotélico de la biología. Esto es, la teleología asociada a los organismos vivos: que “un animal se mueve solamente por un propósito, ya sea para buscar comida o encontrar pareja o emprender cualquier otra actividad asociada con la preservación del individuo y de la especie”⁷⁸. De ahí la importancia de los resultados con experimentos como el de los gusanos o el del anélido *Spirographis spallanzani*, que seguían la luz aunque su alimento estuviera colocado en dirección contraria. El supuesto propósito de supervivencia se veía superado por la esclavitud del organismo hacia la luz. Muestra de su reduccionismo es su idea de que el único modo fiable de hacer ciencia es separarse de esa sombra que proyecta la teleología sobre la biología, y reduciendo esta rama del conocimiento a las leyes de la física y la química. “El análisis de la conducta animal sólo se convierte en científico al abandonar la cuestión del propósito y al reducir las reacciones de los animales a leyes cuantitativas”⁷⁹.

En sus estudios, Loeb no sólo confirma los tropismos de algunos insectos hacia una fuente de luz, sino que intenta dar explicación de los procesos fisiológicos que originan esta conducta. Hay que apreciar que Loeb entiende que este mismo fenómeno puede aplicarse a cualquier tipo de energía y no solo a la luz. De ahí que su teoría sobre la conducta animal se base en tropismos y movimientos forzados. No obstante, sus experimentos no solo versaron sobre los factores externos que puedan afectar a la conducta de los organismos. Su vocación altamente experimental le llevó a realizar experimentos que le confirmaron que la relación de equilibrio que existe dentro de la

⁷⁷ Loeb, J. (1990), p. 67.

⁷⁸ Loeb, J. (1990), p. 28.

⁷⁹ *Ibid.*

anatomía y la fisiología de los organismos puede romperse tanto de forma externa como interna:

Es interesante considerar la naturaleza de los movimientos forzados después de lesionar los hemisferios cerebrales de un perro. Cuando esto ocurre, inmediatamente después de la operación, el animal ya no se mueve en una línea recta, sino que se desvía hacia el lado en que el cerebro presenta la lesión. Cuando el hemisferio izquierdo es lesionado, sobrevienen *movimientos de circo*⁸⁰ hacia la izquierda⁸¹.

Este es un ejemplo del claro enfoque experimental que guía las investigaciones de Loeb sobre la fisiología de los organismos. No obstante, sus pretensiones iban más allá, pues su objetivo principal era seguir desarrollando aquellas ideas que empezó a considerar en la facultad de Filosofía: la comprensión absoluta de la determinación de la conducta humana. Así queda claro en su discurso de 1911, *La concepción mecanicista de la vida*: “Con el tiempo se llegará a comprender cómo nuestros deseos y esperanzas, nuestros desengaños y sufrimientos, nuestros esfuerzos y nuestra lucha son comparables con el instinto para la luz de los animales heliotrópicos”⁸². De conseguirse este objetivo, se podría desarrollar una ética de la vida social que estuviera basada en leyes científicas. Pero Loeb no formuló estas conclusiones ingenuamente, él conocía las limitaciones de sus investigaciones y que éste sólo había sido un paso a partir de animales inferiores. Faltaba mucho camino para alcanzar la meta. Como señala Hirsch: “Loeb creía que la biología *finalmente* mecanicista explicaría la conducta humana pero, como se indica en su respuesta a la pregunta del novelista Theodore Dreiser acerca de tal posibilidad, no era de esperar que ello ocurriera en un futuro previsible”⁸³.

Las investigaciones de Loeb dieron lugar a críticas, por las explicaciones excesivamente simplistas que difícilmente, se creía, podrían aplicarse a organismos de nivel superior. Las críticas no versaban sobre el rigor de sus experimentos, pues este era incuestionable, sino sobre si aquellas respuestas, por ejemplo la fototrópica de especies de niveles tan inferiores, podría generalizarse dando lugar a una teoría explicativa de toda la conducta animal. Para algunos, lo que había hecho Loeb era mostrar ciertos hechos que parecían sustentar sus especulaciones, partir de datos y resultados obtenidos en sus experimentos y forzar que la naturaleza encajase en un esquema preconcebido

⁸⁰ El animal empieza a dar vueltas sobre sí mismo, hacia un lado, sin poder evitarlo. La cursiva es nuestra.

⁸¹ Loeb, J. (1990), p. 35.

⁸² Mondella, F. (1985), p. 132.

⁸³ Loeb, J. (1990), p. 18.

por él. No obstante, este enfoque mecanicista de los organismos vivos sería utilizado también por otros fisiólogos para formular teorías sobre la conducta animal.

Como se ha anticipado, Loeb conoció a Cannon, y pese a sus distintas concepciones de la investigación fisiológica, mantuvieron una buena relación. El primero vería en el segundo a una figura importante dentro de la investigación científica. Como muestra de ello, Loeb hizo todo lo posible para que sus hijos fueran a estudiar a la Escuela de Medicina de Harvard, porque quería que recibieran clases de Cannon:

Cannon era tan estimado que distinguidos científicos como J. McKenn Cattell en la Universidad de Columbia o Jacques Loeb en el Instituto Rockefeller incitaron a sus hijos a ir a estudiar a la Escuela de medicina de Harvard para que tuvieran, tal vez, la oportunidad de estudiar y trabajar con él⁸⁴.

1.5. Fisiología mecanicista

Se ha insistido en que los fisiólogos reduccionistas o médicos materialistas de Berlín comenzaron investigaciones de orientación mecanicista a partir de la segunda mitad del siglo XIX. En el ámbito de sus estudios, Helmholtz y sus colaboradores se entregaron al análisis de la actividad nerviosa. Establecieron que los nervios lanzan impulsos que tienen velocidades específicas. “También de la escuela de Helmholtz⁸⁵ provino el concepto de umbral y el de la pauta de respuesta de todo o nada”⁸⁶, que consiste en la respuesta que se obtiene de una célula nerviosa a un impulso. Se comprobó que, frente a un impulso débil, no se obtenía respuesta alguna, pero que una variación en la magnitud del impulso, fortaleciéndolo, conseguía no solo un incremento en la respuesta, sino la respuesta plena. De esta manera, se logró medir el umbral entre un impulso nulo y el que genera la respuesta total. En todo caso, la actitud mecanicista no solo se aprecia en la metodología experimental empleada, cuantificable y apoyada en una base física y química (realizaron estudios con estimulación eléctrica, cambio de temperatura, concentración iónica, etc.), sino en su atención a los nervios y las células nerviosas por

⁸⁴ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 363.

⁸⁵ Allen se conforma con la mención a Helmholtz. Sin embargo, esta investigación fue tutelada por Ludwig y realizada por un joven investigador norteamericano del que se hablará en la segunda parte de este trabajo: Henry P. Bowditch.

⁸⁶ Allen, E. (1983), p. 186.

separado. El objetivo fue desentrañar el funcionamiento del sistema nervioso aislando sus partes.

Estos experimentos se realizaron en el Instituto de Fisiología de Leipzig. Uno de los colaboradores del laboratorio fue el ruso Iván Mijáilovitch Séchenov (1829-1905), que realizó sus estudios entre 1856 y 1863 junto a Du Bois-Reymond, Ludwig y Helmholtz. “Séchenov desarrolló la idea de que toda la conducta era resultado de un equilibrio entre la entrada de estímulos y la salida de respuestas”⁸⁷. Diferenció las respuestas entre una acción refleja pura y la consciente. Para él, la primera era producto de un impulso que causa una respuesta o reflejo directo, relacionados como causa y efecto, mientras que en la consciente había una mediación y alteración que intensifica o reduce la respuesta a través de los centros cerebrales superiores. Este estudio, expuesto en *Las acciones reflejas del cerebro* de Séchenov, influyó en el posterior trabajo de uno de sus discípulos, Ivan Petrovitch Pavlov (1849-1936), quien también pasó por el laboratorio de Ludwig. Como es bien sabido, Pavlov leyó a Séchenov en el último año de sus estudios en el Seminario de Riazán, y motivado por estas lecturas quiso “emprender sus investigaciones sobre la fisiología de la actividad nerviosa superior, convertida posteriormente en su teoría de los reflejos condicionados”⁸⁸.

Pavlov es quizá uno de los ejemplos más conocidos en el estudio fisiológico de la conducta desde una perspectiva mecanicista durante la primera mitad del siglo XX. Su metodología fue por completo experimental, cuantificable y objetiva, como él mismo señala. Partió de su trabajo con animales de laboratorio, en los que:

sería necesario voluntariamente o a la fuerza, abandonar el punto de vista subjetivista y esforzarse por utilizar procedimientos objetivos de investigación, así como una terminología objetiva (la teoría de los tropismos en el mundo animal de J. Loeb, el proyecto de una terminología objetiva de Beer, Bethe y Uexküll). [...] Este boceto representa, bajo forma de una esquematización fisiológica, una tentativa teórica de exponer nuestra vida subjetiva de un modo puramente fisiológico, tentativa única en su tiempo y brillantemente realizada por Séchenov⁸⁹.

Pavlov es otra de las figuras científicas que tuvieron relación con Walter Cannon. De hecho, como tendremos ocasión de ver, los primeros trabajos de Cannon coincidían con los del fisiólogo ruso en que ambos investigaban los aspectos fisiológicos del

⁸⁷ Allen, E. (1983), p. 191.

⁸⁸ Pavlov, P.I. (1982): *Actividad nerviosa superior. Obras escogidas*, Fontanella, Barcelona, p. 13.

⁸⁹ Pavlov, P. I. (1982), p. 14.

aparato digestivo (Pavlov, las glándulas digestivas; Cannon, su motilidad). Al final sus posturas se distanciaron epistemológicamente. En el caso de los estudios de Pavlov sobre la fisiología de las glándulas digestivas, y más concretamente sus trabajos sobre la fisiología de las secreciones salivares, se puede observar ya un análisis del tubo digestivo como un complejo de partes que debe ser estudiado por separado para comprender su funcionamiento:

Por su papel esencial en el organismo, el tubo digestivo es sin duda una especie de industria química que somete a transformación química, química ante todo, las materias brutas, los alimentos ingeridos, para hacerlos incorporables en los jugos del organismo y aptos para intervenir en los procesos vitales. Esta fábrica se compone de una serie de secciones en las cuales los alimentos son clasificados según sus propiedades y luego pueden ser retenidos por algún tiempo, o bien transferidos rápidamente a la sección siguiente⁹⁰.

Esta separación de un sistema fisiológico en sus partes es una clara opción del materialismo mecanicista. De momento no se ahondará en ello, pero Cannon comenzó sus investigaciones sobre la motilidad del tubo digestivo bajo la misma metodología mecanicista. Sin embargo, a diferencia de su homólogo ruso, Cannon, accidentalmente, dio con ciertos procesos integrados que lo sumergieron poco a poco en la concepción holista que diferenció su postura respecto a la de Pavlov. Aunque suele ser conocida, conviene detenerse un momento para explicar la fisiología de éste último. En lo que respecta a las glándulas salivares, realizó una gran cantidad de experimentos que demostraron que al introducir alimento sólido y seco en la boca de un animal, se segregaba gran cantidad de saliva, mientras que si se introducía líquido, se segregaba menos. Su atención se centró en los nervios centrífugos de las glándulas salivares que al percibir distintos estímulos (sales, ácidos, etc.) segregan saliva rica en líquidos o bien en sustancias orgánicas especiales, dependiendo de los estímulos: “es una influencia externa específica que provoca una reacción específica en la materia viva”⁹¹.

Más adelante estas investigaciones le llevarían a trabajar en sus estudios sobre los reflejos condicionados, poniendo especial atención en cómo el condicionamiento establece nuevas vías o conexiones nerviosas y crea un reflejo aprendido en la corteza cerebral. Sin embargo, encontró muchas dificultades para mostrar estas conexiones

⁹⁰ Pavlov, P.I. (1982), p. 60.

⁹¹ Pavlov, P.I. (1982), p.110.

nerviosas transitorias. Además, las respuestas condicionadas algunas veces resultaban más estables que otras frente a los mismos estímulos, sugiriendo que estas conexiones neuronales no eran de la misma clase durante el periodo de la conducta aprendida. Por tanto, el modelo de Pavlov “comenzó a ser considerado por numerosos estudiosos como un cuadro demasiado simplificado”⁹². Pese a esto, sus métodos, investigaciones y experimentos atrajeron a nuevos estudiosos que consideraron el aprendizaje desde una perspectiva fisiológica y anatómica, alejada del dualismo cuerpo-mente.

Quizá su principal limitación fue intentar llevar tales estudios a una comprensión de la conducta animal en términos de respuesta total; esto es, explicar una respuesta conductual a partir de estímulos específicos. Pero el problema era conseguir un método de integración que los relacionara: “Las predisposiciones mecanicistas que Pavlov llevó a sus estudios por causa de su formación en la escuela alemana de fisiología significaban que cualesquiera fenómenos integradores que no se pudiesen comprobar mediante métodos analíticos más sencillos habrían de ser desdeñados”⁹³. Al igual que ocurrió con Loeb, se llegó a la conclusión de que el problema de la coordinación de la conducta animal era algo más complejo que las vías reflejas en las que Pavlov centró sus estudios.

No es azaroso que se haga mención de la fisiología de Pavlov dentro de este trabajo, ya que su relación con Cannon también es patente. Tanto Pavlov como Bowditch trabajaron en el Laboratorio de Ludwig, obteniendo en él una perspectiva mecanicista desde la que abordaron sus investigaciones. Una metodología que, por añadidura, se trasladaría a Cannon. Es él mismo quien hablará de esta herencia que va encontrando al seguir el rastro de las distintas figuras de la fisiología que han influido en su actividad como investigador. Y tiene claro (como se verá mejor en el siguiente capítulo) que esos primeros personajes son Carl Ludwig, al que alegóricamente llama su “abuelo”, y Bowditch, a quien llama su “padre”:

Cuando uno echa la vista atrás a sus predecesores, uno se puede dar cuenta de que pertenece a una extensa familia de varios miembros, no relacionados por la sangre, pero sí por la afinidad de intereses científicos [...] A través de mi abuelo Ludwig, estoy

⁹² Allen, E. (1983), p. 196.

⁹³ Allen, E. (1983), p.198.

relacionado con otros descendientes, entre ellos, el fisiólogo italiano Mosso, el farmacólogo inglés Brinton y el fisiólogo ruso Pavlov⁹⁴.

Rememorando esta relación, se ha descrito la perspectiva adoptada por esta escuela de fisiología mecanicista, pero junto con ella surge otra forma de concebir el estudio del funcionamiento de los organismos vivos. A esta diferente orientación se la conoce como materialismo holista, organicismo o fisiología holista. Para sus defensores, el estudio sistemático de las partes no es suficiente si se quieren comprender ciertas funciones complejas de índole superior. Sus métodos, al igual que el de los materialistas mecanicistas, se apoyarán en el conocimiento físico y químico y en el análisis experimental. No obstante, su interpretación de los organismos no hace de éstos máquinas que se puedan dividir en partes, sino entes complejos en los que todas las funciones se interrelacionan. Y es en Harvard, durante la primera mitad del siglo XX, donde de la mano de Walter B. Cannon se consolida esta forma de abordar el estudio fisiológico de los organismos. Con todo, para poder entender dicho cambio paradigmático hay que comprender primero la aportación metodológica del mecanicismo. Por esa razón, el siguiente capítulo se centra en la herencia de las técnicas mecanicistas que llevan de Ludwig a Cannon, pasando por Bowditch.

⁹⁴ Cannon, Walter B. (1965): *The Way of an Investigator; A Scientist's Experiences in Medical Research*, Hafner Publishing Company, New York and London, pp. 88-89.

CAPÍTULO SEGUNDO.- CARL LUDWIG Y HENRY PICKERING BOWDITCH: LA HERENCIA QUE CONDUCE HASTA CANNON

Yo soy el hijo de Bowditch, quien me condujo a la investigación fisiológica.
El Dr. Bowditch a su vez fue el hijo de Carl Ludwig,
cuyo laboratorio en Leipzig fue puesto
en marcha por él y otros jóvenes de distintos países.
Walter Cannon⁹⁵

2.1. Contexto e influencia de los institutos de fisiología

La cita inicial, escrita por Walter Cannon en su autobiografía (*The Way of an Investigator*), puede resumir de forma sencilla, pero a su vez excepcional, la concatenación de influencias en la que cada uno de los maestros fue aportando a su discípulo un legado que finalmente conduce al mismo Cannon. En los eslabones de la cadena se puede apreciar no sólo un gran agradecimiento y admiración, sino también el ejemplo de sólidas amistades fruto de la colaboración científica. Ya se ha dicho que esta relación, que se inicia en Ludwig, une a Cannon con otros fisiólogos a los que se ha hecho mención con anterioridad. Entre ellos le une, por ejemplo, al célebre Iván P. Pavlov. De ahí la relevancia de un estudio detallado de los dos precursores de la fisiología que más influyeron en Cannon.

Bowditch decidió salir de Estados Unidos al comprender que su formación en la Universidad de Harvard no iba a permitirle obtener una preparación completa y que su mejor opción era la de continuar sus estudios en Europa, donde se estaban llevando a cabo las más importantes investigaciones fisiológicas de la época. No sabía que esta aventura le llevaría a conocer a Carl Ludwig, y mucho menos podía haber anticipado lo que esta relación le marcaría. Una situación análoga se dio con Cannon cuando inició su trabajo en el Laboratorio de Harvard —institución que puso en marcha Bowditch—. Gracias a aquellas primeras investigaciones que su director le solicitó, sobre los movimientos del tubo digestivo con el nuevo aparato de rayos Röntgen que había

⁹⁵ Cannon, W. B. (1965): *The Way of an Investigator*, Hafner Publishing Company, New York and London, p. 89.

obtenido para el laboratorio, Cannon entró en contacto con la investigación experimental. Jamás hubiera imaginado que se estaba abriendo un camino muy distinto al que tenía en mente cuando inició sus estudios: “[de no ser por Bowditch] me hubiera convertido en un neurólogo”⁹⁶.

Como se ha adelantado en el Capítulo I y se corroborará en éste con más detalle, Ludwig pertenece a una escuela que ejemplifica de forma contundente el modelo materialista mecanicista de investigación fisiológica. De hecho, se puede decir que su laboratorio y sus estudios fueron la culminación de esta nueva metodología de experimentación, que se alejaba completamente del vitalismo y de la especulación ajena al estudio directo de los organismos. Esta concepción metodológica se difundió por todo el mundo gracias al fenómeno de la institucionalización, es decir, favorecida por la proliferación de los laboratorios de investigación fisiológica. Si se pretendía realizar estudios sobre fisiología de forma científica, tenían que asumirse estas técnicas y el ejemplo a seguir era el Instituto de Leipzig que Ludwig regía. Los aparatos que utilizaban en el laboratorio fueron producto de su propia inventiva o de la de aquellos investigadores que colaboraban con él. Su modelo de trabajo fue flexible y abierto, para que los estudiantes encontrasen, por sí mismos, la pasión por la investigación. Un entusiasmo que se conseguía cuando, de forma experimental, se llegaba a las respuestas que explicaban los fenómenos que estaban estudiándose. Sin embargo, no es sólo la metodología empleada, sino en especial la concepción marcadamente mecanicista de Ludwig, la que le convierte en una de las figuras más importantes de la época.

Este es el ambiente que recreará Bowditch en Estados Unidos cuando funde el laboratorio de fisiología en la Escuela de Medicina de Harvard. Algunos de los aparatos que formaron parte del equipo técnico de este instituto fisiológico los llevó Bowditch desde Alemania, pero otros, al igual que pasaba en Leipzig, fueron diseñados, perfeccionados y/o contruidos por los trabajadores del nuevo instituto. Es en este escenario donde Cannon se especializará como investigador. No es de extrañar que aquellas mismas técnicas de experimentación, pero sobre todo la forma de motivar y enseñar a sus discípulos, dejaran una importante huella en estos dos maestros de la fisiología norteamericana. Por esa razón, cuando Cannon tiene la oportunidad de convertirse en el director del Laboratorio de Harvard pone en práctica una herencia que

⁹⁶ Cannon, W. B. (1965), p. 21.

va más allá de técnicas de experimentación o la utilización de equipos. En realidad, lo que consigue preservar es la pasión por la investigación fisiológica; una pasión que se convierte en el verdadero motor de los grandes descubrimientos científicos.

En el siguiente epígrafe se detallará la vida y obra de Carl Ludwig y de Henry Pickering Bowditch para ayudar a comprender el legado que cada uno aportó en esa cadena que conduce hasta Walter Cannon. El objetivo principal será mostrar algunos de sus rasgos como profesores, pero también aquellos aspectos teóricos que consolidaron la forma de investigación de ambos fisiólogos, para intentar alcanzar uno de los objetivos principales que se ha propuesto esta investigación: mostrar que el paso del materialismo mecanicista al materialismo holista supuso una transición que tuvo lugar gracias al desarrollo de nuevas técnicas de experimentación, sin las cuales no hubiera sido posible que Cannon formulara su teoría de la homeostasis y las de otros procesos de integración. Gracias al análisis de estos legados se podrá apreciar cómo el propio Cannon comenzó sus investigaciones fisiológicas asumiendo una postura mecanicista, si bien pronto descubrió que los procesos del organismo estaban tan interrelacionados que era mejor abordarlos desde la perspectiva holista. Un cambio que responde a una búsqueda experimental cuya respuesta ya no puede ser hallada en el estudio separado de los procesos y que Cannon asumió apoyándose en la idea de integración, buscando la coherencia del sistema completo.

La exposición que se ofrece a continuación es cronológica. No se podrían entender los avances de Cannon, sin las enseñanzas de Bowditch, ni las de Bowditch sin las de Ludwig. La descripción de lo ocurrido comenzará, pues, atendiendo a la labor de este último fisiólogo, y continuará luego con la de Bowditch; por último, se hará una reflexión final sobre las aportaciones de ambos a la fisiología de Walter Cannon, que se presentará ampliamente en el siguiente capítulo.

2.2. Los materialistas médicos y el laboratorio de Carl Ludwig

Carl Friedrich Wilhelm Ludwig nació el 29 de diciembre de 1816 en Witzenhausen, una pequeña población que se encuentra al sur de Göttingen, en Alemania, pero poco después emigró junto con su familia a Hanau (cerca de Frankfurt). En esta ciudad es donde Ludwig estudió el bachillerato. Cuando lo terminó, en 1834, dejó Hanau para comenzar a estudiar la carrera de medicina en la Universidad de Marburgo. Debido a cierto activismo político en el que se vio involucrado, abandonó esta universidad; tuvo

que continuar su educación en Erlangen y más tarde en la Escuela de Cirugía de Bamberg. Sin embargo, “en 1839 regresó a Marburgo, donde dedicó mucho de su tiempo libre a las fraternidades y a la esgrima, un deporte que se practicaba asiduamente allí. La cicatriz de su labio superior guardará testimonio de las actividades de este periodo durante toda su vida.”⁹⁷ Carl Ludwig obtuvo el grado de Medicina en 1840.

Después de una primera incursión en el Laboratorio de Robert Bunsen (1811-1899)⁹⁸, y dos años después de haber obtenido su grado en medicina, Ludwig comenzó a trabajar como profesor asociado en el Departamento de Anatomía de la Universidad de Marburgo. Obtuvo dicha plaza por intermediación de Ludwig Fick (el hermano mayor de Adolf Fick, quien más adelante fuera uno de los mejores sus discípulos) y después consiguió una promoción como profesor de cirugía en esta misma universidad. En 1842, obtuvo la *venia legendi*, un reconocimiento alemán que otorgaba el derecho para enseñar medicina en una facultad. Se le otorgó por su tesis sobre el mecanismo de la función renal, en la que intenta terminar con la concepción teleológica que se tenía sobre este órgano —se intentaba, a través de esta postura finalista, defender que la complejidad de este tipo de órganos no podía reducirse a la explicación mecanicista—. Más adelante se verá con detalle la propuesta de Ludwig; por ahora, sólo se considera interesante mostrar que su perspectiva mecanicista se encuentra presente desde sus primeros trabajos.

También muy ligada a la teoría mecanicista es la creación de aparatos de medición aplicables a la fisiología, y es justo durante estos años en Marburgo cuando Ludwig inventó uno de sus más célebres instrumentos: el quimógrafo, que servía para medir de forma permanente cualquier tipo de actividad continua, como pueden ser los cambios en la presión sanguínea o de los movimientos respiratorios. Esta invención captó la atención del mundo científico de aquel momento. Quizá ello hizo que fuera muy bien recibido en una visita que realizó a uno de los lugares más famosos en el ámbito de la fisiología de aquél entonces en Alemania (y también fuera de este país): la Universidad Humboldt de Berlín, donde Johannes Müller tenía su cátedra de anatomía y fisiología. La estancia fue para Ludwig una gran oportunidad. Pudo aprender de los distintos trabajos de Müller y a través de sus clases, pero la mayor ventaja que obtuvo

⁹⁷ Zimmer, German H. (1996): “Carl Ludwig: The man, his time, his influence”, *European Journal of Physiology*, Berlin, sup. 3, vol. 432: p. R10.

⁹⁸ Como se verá más adelante, el laboratorio de química de Bunsen servirá como ejemplo para la configuración de su posterior laboratorio en Leipzig.

de ella fue la de conocer a algunos de sus aliados y posteriormente grandes amigos. “En la primavera de 1847, visitó a Johannes Müller en Berlín y conoció a sus discípulos Herman Helmholtz, Ernst Brücke, Emil du Bois-Reymond y Rudolf Virchow.”⁹⁹

Algunos años después, en 1849, se le ofreció el puesto de profesor y la dirección del Departamento de Anatomía y Fisiología en la Universidad de Zúrich. Una de sus principales actividades durante este tiempo fue la de trabajar en su libro de texto sobre fisiología; una labor que había comenzado tiempo atrás cuando aún se encontraba en la Universidad de Marburgo. Los esfuerzos y la energía que dedicaba a este libro no le permitían, por otro lado, mucho tiempo para continuar sus experimentos (en aquella época trabajaba en los efectos de la difusión y la secreción de las glándulas y en aspectos fisiológicos de la circulación y la respiración). Por este motivo, Ludwig comenzó a sentirse inseguro, especialmente al darse cuenta de que necesitaba tener una mejor educación y más tiempo para investigar. Hay que pensar que, pese a su formación académica, mucho del conocimiento dirigido a la experimentación fisiológica que había ido adquiriendo lo había obtenido de forma autodidacta. Al menos de forma distinta a du Bois-Reymond, Ernst Brücke y otros discípulos muy cercanos a Johannes Müller. Así puede verse en la siguiente carta donde Ludwig se queja de su situación a su amigo du Bois-Reymond:

Cuando empecé a estudiar ciencias naturales a la edad de 23 años, no era capaz de resolver un cálculo con la regla de tres, nunca había visto un aparato de destilación y sólo había observado un microscopio a distancia. Sin ningún maestro y con infatigable industria pude conseguir, después de unos años, la capacidad para hacer un análisis orgánico, usar un microscopio y leer el libro de texto de Fischer de física. He podido alcanzar mi actual estado, paso a paso, a través del contacto con Bunsen¹⁰⁰ y con las matemáticas de Stegmann¹⁰¹ y por no quitaros el ojo a Brücke y a ti. Mi educación es muy incompleta para obtener resultados significativos en este momento. Mi equipo es muy limitado para hacer progresos en fisiología, siquiera a una mínima escala como los de Faraday. Mis méritos son sólo subjetivos. He agotado mis recursos, he contraído indecibles deudas, he cambiado un espíritu feliz por uno hipocondriaco. He transformado una salud razonable en una existencia nerviosa, he sufrido de hambre, me he apartado de la sociedad y Dios sabe qué más¹⁰².

⁹⁹ Zimmer, G.H. (1996), pp. R10-R11.

¹⁰⁰ Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) fue un químico, profesor de Ludwig en Marburgo, que ocupó la cátedra de Química entre 1838 y 1851, para pasar a Breslau durante un año y terminar dando clases en Heidelberg. Más adelante se verá la influencia que tuvo Bunsen en la construcción del Laboratorio de Leipzig.

¹⁰¹ Friedrich Ludwig Stegmann. Profesor de matemáticas en la Universidad de Marburgo.

¹⁰² Zimmer, G.H. (1996), p. R18.

Esta es una imagen de Ludwig muy alejada de la que guardarán la mayoría de sus posteriores discípulos; es decir, la de un maestro siempre alegre y positivo. Pero tuvieron que pasar unos años antes de que ese espíritu entusiasta aflorara. En cualquier caso, su perspectiva mecanicista ya se encuentra tan asentada que todos sus esfuerzos los dedica a conseguir un objetivo: sistematizar el conocimiento fisiológico que se tenía en aquel momento liberándolo de las influencias vitalistas de la *Naturphilosophie*. Así, publicó su libro de texto sobre fisiología (*Lehrbuch der Physiologie des Menschen*) en 1852, que se convirtió en el resumen de un programa que reunía todas las ideas con las que formó la escuela de *materialistas médicos* o *fisiólogos reduccionistas*, a la que se ha aludido en la primera parte de esta investigación. Una escuela que postula que todos los procesos fisiológicos de los organismos se someten a las mismas leyes de la física y la química que riegn en cualquier otro tipo de materia: “[...] el animal se muestra a sí mismo como un sistema en el que las fuerzas pueden desarrollarse en una forma aparentemente independiente, pero estas fuerzas sólo son posibles mientras que las conversiones químicas ocurran en él”¹⁰³.

Más adelante viajó a Viena para ejercer como profesor de Fisiología y Zoología en la Academia Militar Médico-Quirúrgica, donde permaneció diez años. En esta época cultivó su amistad con Ernst Brücke, quien durante este tiempo era profesor en el departamento de Fisiología de la Universidad de Viena. Por otro lado, Ludwig comenzó a hacerse popular entre sus estudiantes y a crearse un nombre en el mundo de la docencia y la investigación fisiológica. No obstante, cuando volvió a recibir otra oferta, esta vez del Departamento de Fisiología de la Universidad de Leipzig, aceptó complacido.

La proposición no pudo ser más apropiada o haber llegado en mejor momento. En aquella época la educación científica y médica comenzó a recibir una atención especial en el Reino de Sajonia. El nuevo ministro de Educación y Ciencia, Johann Paul Freiherr von Falkenstein (1801-1882), puso en marcha una serie de medidas en cuanto se estrenó en su cargo y comenzó una reforma que tenía como principal objetivo los estudios de medicina en la Universidad de Leipzig, al ser esta la universidad más importante del reino. El principal problema era el creciente número de bajas de alumnos

¹⁰³ Ludwig, C. (1858): *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, Ester Band, Zweite neu bearbeitete Auflage, C.F. Winter Verlagsbuchhandlung, Leipzig und Heidelberg, p. 12. (El libro puede descargarse en el siguiente enlace web: http://books.google.es/books?id=SzsAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).

que entraban a estudiar medicina en la universidad, aspecto que quería remediar. A pesar del presupuesto limitado con el que contaba, von Falkenstein tenía como principal meta el dotar de excelencia a las distintas áreas de la ciencia. Para alcanzar este propósito, uno de sus objetivos pasó a ser la creación de un instituto de fisiología; y fue a Carl Ludwig a quien propuso la planificación y la organización del proyecto, pues Falkenstein encontraba en él a la persona más adecuada para llevar a cabo la empresa. Ludwig aceptó la cátedra de Fisiología el 1 de mayo de 1865 y la dirección del nuevo Instituto de Fisiología de Leipzig (nombre que se concedió a este centro de estudio y experimentación fisiológica) el 26 de abril de 1869. “El Instituto fue erigido bajo la supervisión de Ludwig y se basó en su amplio conocimiento de la fisiología”¹⁰⁴. Se mantendría en dichos cargos hasta su muerte, en 1895.

2.2.1. El Instituto de Fisiología de Leipzig

En el siglo XIX, como se ha expuesto a lo largo del primer capítulo, se experimentó un gran avance en el conocimiento de los fenómenos físicos y químicos. Dicho progreso incidió directamente en el estudio e interpretación de los seres vivos. Sin embargo, al comienzo del siglo, la investigación médica se enfrentó a algunos problemas en el uso de los nuevos métodos: “El rápido progreso de la física y de la química permitían formas de observación más exactas y métodos de medición más precisos que podía aprovechar el fisiólogo. Pero la aplicación de estos métodos encuentra grandes dificultades. No existían laboratorios fisiológicos, ni instrumentos, ni técnicos a los que el investigador pudiera acudir”¹⁰⁵. De hecho, cuando Ludwig comenzó su carrera, se encontró con una situación en la que prácticamente había que inventarlo todo. Lo cierto es que fue durante este siglo cuando Alemania comenzó, poco a poco, a promover la creación de cátedras de fisiología independientes de la anatomía, y el diseño y construcción de algunos laboratorios:

La historia de los institutos de experimentación fisiológica y de otras ciencias médicas data de una centena de años. Gruithuisen en 1812 había publicado un artículo abogando

¹⁰⁴ Rosen, G. (1936): “Carl Ludwig and his American Students”, *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, The Johns Hopkins University Press, vol. 4, n.º 8, p. 616.

¹⁰⁵ Singer, Ch. & Underwood, E. A. (1966): *Breve Historia de la Medicina*, Ediciones Guadarrama, Madrid, p. 297

por la necesidad de laboratorios fisiológicos¹⁰⁶. Doce años después, en 1824, Purkyně establece el primer instituto fisiológico en Breslau¹⁰⁷.

Muchos de los nuevos fisiólogos de la generación de Ludwig plantaron cara a los *Naturephilosphen* y a los vitalistas, consolidando, así, la fisiología mecanicista. No obstante, esta nueva forma de acercarse al mundo biológico demandaba un cambio metodológico basado en la experimentación directa (lejos de la simple especulación teórica y la observación pasiva a la que estaban acostumbrados los vitalistas), así como la instauración de técnicas físico-químicas que fuesen cuantificables y repetibles. Es aquí donde el fenómeno de la institucionalización cobró fuerza, ya que no sólo los investigadores, sino también el poder político y estatal, comprendieron que sin estos centros no era posible el desarrollo de una investigación médica que se basara en la nueva perspectiva. Esto se puede observar tanto por el incremento de dichas instituciones como por la creación de cátedras específicas. La primera unidad de investigación fisiológica independiente en Alemania, con un curso de fisiología experimental, fue establecida por Carl August Sigmund Schultze (1795-1877), en 1821, en la Universidad de Baden: “El curso recibía un soporte financiero por parte de las autoridades universitarias y en 1828 se le permitió contar con un ‘asistente de fisiología’. Schultze fue un crítico de la especulación de la *Naturphilosophie* y creía que ese curso, que se basaba en la experimentación directa sobre los animales, brindaría el antídoto necesario contra ese peculiar veneno mental”¹⁰⁸. Por otro lado, la primera cátedra de fisiología se estableció en la Universidad de Breslau, en 1823, con Jan Evangelista Purkyně (1787-1869) como director; fue él quien creó un pequeño laboratorio en 1824 y unos años después, en 1839, construyó un instituto de fisiología en toda regla. Más o menos en esa misma época, Justus von Liebig (1803-1873) inauguró un laboratorio de Química en Gießen y Rudolf Virchow fundó el primer laboratorio de patología, en Berlín, el año 1856.

El fenómeno de la institucionalización no sólo supuso la puesta en práctica de una nueva metodología mecanicista, sino que también sirvió como impulso pedagógico para las nuevas generaciones de médicos y de investigadores. De esta manera, se

¹⁰⁶ El artículo se publicó en 1936.

¹⁰⁷ Rosen, G. (1936), p. 619.

¹⁰⁸ Coleman, William (1988): “The Prussian Pedagogy: Purkyne at Breslau, 1823-1839”, en Coleman, William & Holmes Frederic L. (ed.): *The investigative enterprise: Experimental Physiology in the nineteenth century medicine*, University of California Press, London, p. 39.

consiguió una propagación de la nueva perspectiva por todas aquellas universidades “serias” que empezaban a abrir estas instituciones. Por tal razón, Schultze, Purkyně, Liebig, Virchow y el mismo Ludwig no sólo fueron reconocidos por sus estudios científicos, sino que se convirtieron en figuras emblemáticas de la educación médica. Llegaron a ser maestros para muchos otros profesionales, en una nueva dinámica de aprendizaje práctico y directo, de la que ya se ha hablado en el capítulo anterior. La principal idea de estos profesores consistía en que no era posible completar la formación de sus alumnos de forma satisfactoria si no experimentaban por ellos mismos a partir de los conceptos que se discutían dentro de clase. Purkyně, por ejemplo, cambió el concepto de conferencia por el de “conferencia-demostración”, poniendo a los alumnos ante la tarea de hacer ellos mismos sus observaciones y dirigir sus propios experimentos. El modelo de educación era activo; en él los estudiantes formaban parte imprescindible en la generación de conocimientos, no sólo para ellos, sino en el desarrollo y adquisición de un saber nuevo:

La innovación de Purkyně fue a pesar de todo limitada, pero en cualquier caso tuvo profunda importancia en la creación de institutos científicos, en la exposición de alumnos al ambiente de investigación y en el deseo de reafirmar una investigación ética dentro de las universidades alemanas¹⁰⁹.

La satisfacción que brindaba hacer descubrimientos originales con este tipo de esquema educativo puede ser constatada por la forma en la que los propios alumnos manifestaron su interés. Muchos de ellos fueron alentados para continuar una carrera dedicada a la investigación científica. Los laboratorios ayudaron a mostrar que existían otras posibilidades profesionales, además de la del médico entregado a la clínica. Por esta razón, la investigación pronto se incrementó por todo el país y situó a Alemania en la cima de los descubrimientos médicos durante el siglo XIX.

Con el advenimiento de los laboratorios, se desarrolló otra metodología de especial importancia. Ahora la investigación, fuese la que fuese, descansaba sobre la base de la experimentación. La ciencia experimental pronto intimó con las matemáticas y la física. Una reforma que puede considerarse iniciada por el fisiólogo francés François Magendie (1783-1855), pero que en Alemania fue animada por Johannes Müller, en una constante batalla que pretendía desterrar la especulación. Aunque es

¹⁰⁹ Coleman, William (1988), p. 40.

cierto que Müller hizo mucho por conseguir este objetivo, en la idea de que las fuerzas que controlaban la materia inorgánica eran exactamente las mismas que actuaban sobre los seres vivos, él todavía asumía la existencia de una fuerza vital. Pese a ello, pasando ahora a su discípulo, “nadie [...] fue más instrumental en el desarrollo de la fisiología moderna que Carl Ludwig”¹¹⁰.

Es probable que el laboratorio de química de Liebig en Giessen y el laboratorio fisiológico de Bunsen en Marburgo sirvieran a Ludwig como ejemplos a seguir en la planificación y construcción de su propio laboratorio. De hecho, no sólo se podría decir que influyeron en el diseño de su instituto, sino igualmente en su propia programación educativa. “El físico Bunsen, quien enseñaba química y física en Marburgo y con quien Ludwig intimó, influyó en él significativamente”¹¹¹. La combinación del ingenio de Ludwig, sus múltiples recursos (tanto metodológicos, como técnicos) y su conocimiento de la ciencia física, le capacitaron para convertirse en uno de los mejores investigadores en la historia de la fisiología.

Para penetrar en ese impresionante edificio que fue el Instituto de Fisiología de Leipzig, lo mejor es dejarse conducir por quien fuera un discípulo aventajado de Ludwig y de quien nos ocuparemos en el siguiente apartado: Henry Pickering Bowditch. Durante su estancia en el instituto, Bowditch escribió una reseña para la revista *Nature* que explicaba cómo era el laboratorio y cuál era la actividad cotidiana dentro de aquellas paredes:

El laboratorio de fisiología donde ahora mismo me encuentro trabajando debe su existencia a la energía del profesor Carl Ludwig y la libertad que brinda el Gobierno de Sajonia. Es universalmente reconocido como el más completo establecimiento de este tipo en Europa, [y por ello] me parecía que de alguna manera merecía el mérito de ser descrito a detalle¹¹².

La casa tenía la forma de *E* mayúscula. En mitad de la estructura se ubicaba el salón de conferencias, con capacidad para un centenar de alumnos. El edificio que se encontraba en el ala derecha alojaba el departamento de microscopía, mientras que el ala izquierda estaba destinada al departamento de química. Finalmente la edificación central era el área de experimentación fisiológica.

¹¹⁰ Rosen, G. (1936), pp. 610-611.

¹¹¹ Rosen, G. (1936), p. 613.

¹¹² Bowditch, H.P. (1870): “The physiological laboratory at Leipzig”, *Nature*, n.º 3, p. 142.

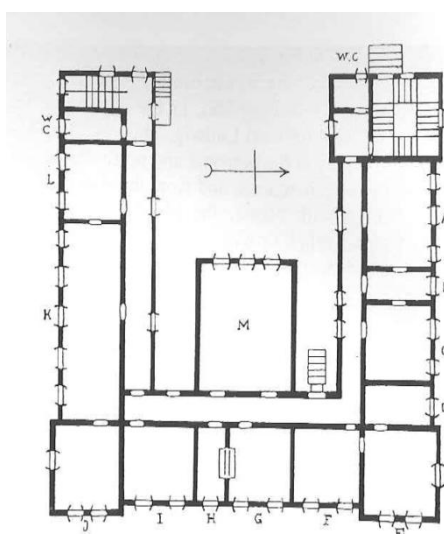


Figura 2.1. Descripción del Instituto de Fisiología de Leipzig, en 1870, por Henry Pickering Bowditch¹¹³.

La principal idea en el diseño de Ludwig era la de introducir a los problemas fisiológicos combinando el estudio de la anatomía de los organismos con el conocimiento de los cambios físico-químicos que ocurrían en sus actividades. Para él, todo problema fisiológico debía ser estudiado partiendo de la anatomía de un órgano, pero buscando desentrañar los mecanismos y cambios que se dan dentro de él y que son de índole físico-química, mientras este se encuentra funcionando. Para conseguirlo, creó distintas divisiones en las que tenían cabida la física, la química y la anatomía (incluyendo aquí la histología). Antes de que se diera el fenómeno de la institucionalización, la mayoría de los lugares donde se estudiaba fisiología formaban parte de las cátedras de anatomía, y dentro de ellas casi todo el aprendizaje era teórico. Ludwig introdujo una metodología que entendía al organismo como un engranaje complejo que debía estudiarse fraccionándolo de tal forma que pudiera descubrirse la actividad física y química que en él se desarrollaba. El diseño de su laboratorio permitía a cada una de las especialidades estudiar estos mecanismos por separado, para arrojar luz sobre los distintos procesos fisiológicos. Esta tendencia anclada en el materialismo mecanicista se perpetuará en las futuras investigaciones. Se ha mencionado a Jacques Loeb y a Pavlov (discípulo este último de Ludwig) como ejemplos sobresalientes del uso de dicha metodología. Lo interesante es que cuando se comienza a poner en duda tal

¹¹³ Fuente de la fotografía: Zimmer, G. H. (1996), p. R12.

perspectiva en el siglo XX por médicos como Cannon, Henderson, Haldane, Sherrington, etc., no se cuestionará el enfoque metodológico, sino la orientación epistemológica, es decir, estos nuevos fisiólogos pondrán en duda que el conocimiento de los procesos fisiológicos debe conseguirse mediante el análisis de partes separadas. Propondrán, por el contrario, que estos procesos deben entenderse como pertenecientes al todo complejo que son los organismos. Sin embargo, aceptan que las técnicas físico-químicas son indispensables para la investigación fisiológica. Este aspecto será el más característico dentro de la fisiología de Cannon, quien asumió los postulados metodológicos del mecanicismo, pero sólo para apoyarse en sus técnicas dentro de una inspiración epistemológica holista: una forma de entender los sistemas biológicos que comenzará a asumir conforme fue dándose cuenta de que los procesos que estudiaba eran demasiado complejos para ser abordados bajo la perspectiva mecanicista y que una visión más amplia de los distintos fenómenos integrados proporcionaba pistas más certeras sobre su carácter y su correlación. Sin embargo, lo que hizo aumentar especialmente el éxito del laboratorio de Ludwig fue el espíritu que mantenía con su equipo de trabajo y el entusiasmo por la investigación; algo que sus alumnos podían sentir inmediatamente cuando comenzaban a trabajar con él. Poseía una gran capacidad para juzgar las habilidades de cada uno de ellos y para usarlas en las distintas tareas. Como ejemplo del trabajo realizado en el laboratorio puede acudirse a la descripción de uno de sus alumnos, Warren P. Lombard, quien exponía la forma de evaluación de las labores diarias por parte de Ludwig:

Cada mañana él visita las tablas de los distintos alumnos y discute con ellos los siguientes pasos a seguir [...] o los lleva a su oficina privada y discute de forma crítica los métodos utilizados, haciendo recomendaciones [...] Éstas [sugerencias] no las hacía nunca de forma ruda y cada noche, cuando salía del laboratorio, se llevaba a su habitación los datos y protocolos de las investigaciones en marcha, para estudiarlos cuidadosamente¹¹⁴.

Se ha mostrado en el apartado dedicado a la institucionalización del capítulo anterior que una nueva pedagogía, práctica y experimental, se había comenzado a desarrollar. El laboratorio de Ludwig no fue una excepción. La enseñanza era tan importante para él como los propios experimentos del instituto. Una de las principales características de su trabajo era que buscaba la completa unidad entre la teoría y a la

¹¹⁴ Rosen, G. (1936), p. 617.

práctica, siempre enfocadas a la mejor instrucción posible. Ludwig transmitía en sus charlas la misma meticulosidad y entusiasmo que caracterizaba todo su trabajo. Sus sesiones eran muy animadas y si a ello se suma que en su trabajo cotidiano era muy positivo y accesible, no es de extrañar que se viera en él a “un director de vasta y profunda cultura, [que] era querido por sus discípulos como un maestro ideal.”¹¹⁵

Durante muchos años, los laboratorios que comenzaron a construirse primero en Alemania, después por el resto de Europa y finalmente en otros continentes siguieron el ejemplo del Instituto de Leipzig. El hecho tiene dos explicaciones: el éxito de las teorías mecanicistas y la influencia que tuvo el centro gracias a un programa pedagógico que atrajo el interés de muchos investigadores. Se estima que el número de alumnos que llegaron a formar parte del equipo de Ludwig durante su estancia como director del instituto pudo llegar a trescientos colaboradores¹¹⁶. Ya hemos dicho que su fama rebasó las fronteras de Alemania. Hugo Kronecker, uno de sus discípulos, comentaba que “no era extraño encontrarse a un alumno alemán dentro de un grupo de nueve a diez investigadores extranjeros”¹¹⁷.

Muchos de ellos, al volver de sus estancias en Leipzig, llevaban los nuevos conocimientos a sus respectivos países de origen, propagando la metodología mecanicista a otras partes de mundo. Sería necesario un trabajo mucho más extenso para poder describir con detalle la forma en que los estudiantes colaboraban con Carl Ludwig, la manera en que aplicaban los métodos que de él aprendían y, especialmente, cómo influyó este aprendizaje en las propias aportaciones que más adelante hicieron. En la medida en que estamos siguiendo la genealogía intelectual que nos conduce hasta Walter Cannon, cabe mencionar al menos a algunos otros alumnos norteamericanos destacados. Estos estudiantes estaban encabezados por Henry P. Bowditch, quizá el más sobresaliente de ellos. Le siguen el anatomista Charles Sedgwick Minot (1852-1914), el médico y patólogo William Henry Welch (1850-1934), Franklin Paine Mall (1862-1917), el bioquímico y farmacólogo John Jacob Abel (1857-1983) y uno de los biógrafos del propio Ludwig, Warren Plimpton Lombard (1855-1939)¹¹⁸.

¹¹⁵ Castiglioni, A. (1941): *Historia de la Medicina*, Salvat Editores [Hispano-Americana], Barcelona, p. 722.

¹¹⁶ Zimmer, G. H. (1996), p. R20.

¹¹⁷ Kronecker, H. (1895): “Carl Friedrich Wilhelm Ludwig. 1816-1895”, *Berlin Klinische Wochenschrift*, 32, n.º 2, pp. 466-467.

¹¹⁸ Para profundizar más en estos personajes, véase: Rosen, George (1936), pp. 609-650.

En su laboratorio, Ludwig siempre encontraba algo para que cada uno de sus discípulos se mantuviera activo y él mismo colaboraba en el curso del experimento. Bowditch tenía la opinión de que su maestro era una persona muy generosa y humilde, y que estas características podían percibirse a la hora de publicar los artículos con los resultados de un experimento en los que muchas veces se negaba a firmar con su nombre: “Cuando los resultados llegaban y eran publicados al final del año, algunas veces iban firmados con el nombre del profesor y el alumno juntos y otras veces únicamente bajo el nombre del alumno”¹¹⁹. Probablemente esto formaba parte de una estrategia con la que intentaba motivar a sus colaboradores. Un hábito que, de hecho, el mismo Bowditch aplicó después con sus alumnos cuando fue director de su laboratorio y que continuaría también Cannon.

El Instituto de Leipzig siguió en pie después de la muerte de Ludwig en 1895. Su sucesor, con una trayectoria y edad notorias (61 años), fue Ewald Hering. El diseño del edificio que albergaba el laboratorio de Ludwig sería imitado por muchos otros en Alemania. Años después, “el edificio quedó destruido en la Segunda Guerra Mundial”¹²⁰.

2.2.2. *La propuesta de Carl Ludwig*

Su labor como profesor adquirió consistencia gracias a su libro de texto: *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, donde argumentaba que la fisiología era esencialmente análisis. De poder llegar a las partes últimas del organismo, éste se reduciría a líquidos imponderables (éter luminoso y electricidad) y a los elementos químicos dependientes de ellos. El libro estaba destinado a los alumnos y su principal intención era didáctica, como se desprende de su prefacio: “La fisiología científica tiene la tarea de determinar las funciones del cuerpo animal y derivarlas como una consecuencia necesaria de condiciones elementales”¹²¹. En él exponía que todas las explicaciones de los procesos que se dan en los organismos podían reducirse a la física y la química. Los métodos que presentó dejan testimonio del tipo de investigación que debía realizarse para que estas materias dirigieran el análisis fisiológico. Ludwig se opuso abiertamente al vitalismo. Adolf Fick (1829-1901), discípulo suyo, reproduce así las ideas del maestro:

¹¹⁹ Bowditch, H. P. (1870), p.143.

¹²⁰ *Ibid.*

¹²¹ Ludwig, C. (1858), p. 2.

Los fenómenos vitales son causados por fuerzas inherentes a las bases materiales del organismo vivo. Como se acostumbra a dividir esas fuerzas en químicas y físicas, podemos designar [a la nueva orientación] como la dirección “químico física” [de la fisiología]. Sin embargo, en tanto que todas las fuerzas son, en último análisis, nada más que fuerzas determinadas por la interacción de átomos materiales y en tanto que la ciencia general del movimiento y sus fuerzas causales se llama mecánica, tenemos que designar la dirección de la investigación fisiológica como verdaderamente mecánica.¹²²

Ludwig sostenía que todas las funciones dependen de un cúmulo de interacciones que se producen en los estratos más inferiores, de ahí que sea necesario analizar; o sea, separar estas partes hasta las partículas más elementales para comprender la verdadera causa de la función. Para ejemplificar esta idea, puso el ejemplo del movimiento de la falange de un dedo: la flexión no es causada por la misma falange, sino que viene dada por un tendón que está conectado a un músculo; pero a su vez esta contracción muscular es dada como el resultado de las distintas estructuras diminutas llamadas tubos musculares. Conforme se siga profundizando en este análisis, podrán descubrirse elementos todavía más pequeños que debido a su interacción producen el movimiento muscular. Estos elementos todavía pueden ser divididos en átomos químicos, fluido eléctrico y éter lumínico, que Ludwig asumía como las entidades más sencillas a las que la ciencia había podido llegar (pero creyendo que en el futuro quizá se podrían descubrir partículas más elementales). Por tanto, el fisiólogo alemán entendía que el fenómeno que se observa es el movimiento del dedo y sus más allegadas estructuras: los huesos, los tendones y los músculos. Sin embargo, también asumía que “todo este fenómeno es en realidad la consecuencia de unos arreglos muy intrincados que de la misma manera deben ser divididos en sus elementos, si se quiere alcanzar el objetivo de conocer qué son estas manifestaciones de la vida”¹²³. Empleó tal descripción para mostrar que la principal labor del fisiólogo es separar los elementos que componen un proceso fisiológico y promover el estudio de las interacciones de los elementos inferiores hasta comprender la acción de los superiores.

Para Ludwig, si el científico fuera capaz de demostrar de forma matemática y precisa cuáles son las condiciones primarias de la actividad fisiológica y cómo están ordenadas con respecto a su dirección, tiempo y cantidad, se comprendería que todos los

¹²² Coleman, William (1988), p. 255.

¹²³ Ludwig, C. (1858), p. 143.

procesos superiores se originan en la interacción de las partículas últimas. Esta forma de emprender el estudio de los procesos del organismo es distinta a la antigua propuesta vitalista. Su fisiología es “opuesta a la *vital*, y por eso debe designarse como *física*”¹²⁴. Para él, las explicaciones que se propongan sobre las diversas funciones de los organismos deben encontrarse en elementos materiales; no ser buscadas en viejas concepciones como el “éter natural, espíritu vegetativo y otras [...] cuando no hay evidencia de la existencia de este tipo de sustancias”¹²⁵. Ésta es una clara oposición a la *Naturphilosophie* que encontraba en ciertos fluidos vitales la respuesta a aquellos procesos oscuros en los que no cabía otra forma de explicación. Ludwig entiende que la interacción de estos elementos primarios es quizá difícil de relacionar con los procesos de más alta jerarquía, pero hay que mantener semejante perspectiva porque no es posible otro camino para el fisiólogo que el de tomarlos en cuenta a la hora de describir y dar explicación a las funciones de los organismos.

Cuando las moléculas se unen entre ellas lo hacen por interacción química, y en su combinación van formando sustancias más complejas que comenzarán a interrelacionarse a través de procesos físicos, como pueden ser la atracción y repulsión eléctrica. De acuerdo con esta concepción, no es una sorpresa que ácidos, bases, etc., se produzcan por la suma de los elementos que se encuentran dentro de los organismos vivos. Otra cuestión mucho más compleja —y que al mismo Ludwig le parecía que tendría que dilucidarse en el futuro— es el hecho de que el carbono, el hidrógeno y el oxígeno puedan combinarse ellos mismos o en parte con el nitrógeno y algunos metales (arsénico, antimonio, bismuto, etc.) para producir series completas de compuestos que están relacionados entre sí formando un rico mundo químico dentro de los organismos. El fisiólogo alemán admitía la oscuridad de ciertas interacciones químicas y físicas que, según él, eran la barrera con la que se encontraba la ciencia de aquel entonces.

Antes de comenzar el desarrollo de una metodología propia para la fisiología, Ludwig intentó definir la vida en su vertiente fisiológica. Su visión, en este sentido, era materialista y mecanicista por dos razones: a) como se ha visto, entendía que los organismos pueden ser divididos en elementos simples y que estas partes tienen una determinada función que se proyecta en los niveles más elevados; y b) los procesos fisiológicos tienen su causa en mecanismos físicos (presión, movimiento, fricción, etc.)

¹²⁴ *Ibid.*

¹²⁵ *Ibid.*

o en combinaciones químicas (formación de ácidos, bases, etc.). Estos principios le llevarán a asentar una metodología específica para el fisiólogo mecanicista, poniendo de relieve una serie de tareas que el investigador debe practicar.

En primer lugar, esbozó la necesidad que tiene el fisiólogo de esforzarse por dividir el cuerpo del animal en sus constituyentes a través de algún criterio que sea riguroso. Es importante que este análisis aísle un proceso de otro, de tal manera que se pueda comprobar la o las funciones específicas de ese proceso dentro del organismo animal. Este trabajo debe realizarse a través de técnicas químicas en el caso de que los componentes analizados sean las sustancias y por técnicas físicas y anatómicas cuando el entendimiento de la parte estudiada descansa en la función y su relación con la forma.

El investigador tiene el deber de comprender las actividades fisiológicas que estudia como funciones que son el producto de las condiciones que las generan. “Esta es la tarea más elevada del fisiólogo”¹²⁶, pues con ella se encarga de someter los procesos naturales de los seres vivos a condiciones artificiales para comprender su esencia. La experimentación para Ludwig es fundamental y sólo a través de ella se puede hallar explicación a las funciones orgánicas. Para ello encuentra dos caminos. El primero es combinar la actividad teórica (a través de los cálculos matemáticos y físicos) y la actividad práctica (a través de la experimentación físico-química) en un cierto número de condiciones de características conocidas, que se aproximen a lo orgánico, para comparar los efectos que ellas producen con aquellas otras que se dan en la naturaleza. Ejemplos de ello son la digestión artificial, la corriente en tubos elásticos, la combinación de impulsos eléctricos, que sirven para los procesos digestivos, la corriente sanguínea y la actividad muscular respectivamente. La segunda opción es la de aislar los factores que envuelven un proceso, por mucho que parezca que son indisolubles, y modificarlos para comprobar los resultados en los que se ve afectado el proceso natural. En última instancia, se trata de someter a experimentación directa las funciones orgánicas para comprender mejor su naturaleza y funcionamiento.

Por tanto, el plan seguido por Ludwig consistió en lo siguiente: los distintos procesos químicos por él mencionados consiguen la formación de elementos simples que a su vez se unirán para formar compuestos de mayor nivel jerárquico, cuyo grado de complejidad aumenta, y que finalmente lleva a estructuras morfológicamente

¹²⁶ Ludwig, C. (1858), p. 13.

microscópicas. Un número de estas formas, similares o diferentes, trabajan de tal manera que se unen o se separan en el espacio para dar paso a otras más elevadas a las que se les da el nombre de órganos. Estos últimos también pueden trabajar en conjunto y producir un grupo de estructuras que se unen por una razón de espacio o por razón de su función; lo importante es que este conjunto de órganos (que en la actualidad llamaríamos *sistemas*) conforman al organismo. De la misma manera en la que esta cadena se enlaza, el fisiólogo, según Ludwig, deberá estudiar al organismo para entenderlo: “[pues tal cadena] indica la ruta que debe seguir una presentación de los procesos fisiológicos para poder llegar a su entendimiento”¹²⁷. “En una palabra, nuestro conocimiento requiere la presentación ascendente, desde lo que es relativamente más simple, hacia, progresivamente, lo que se encuentra más desarrollado”¹²⁸. Por esta razón la primera parte de su *Lehrbuch* comienza con la fisiología química, para después dar paso a la fisiología de los nervios y las fibras y finalmente pasar a los músculos y los órganos cuyos elementos trabajan en conjunto.

El libro de Ludwig se convierte en el primer manual de fisiología moderna. “Cualquiera que compare el libro de Ludwig con un texto reciente quedará deslumbrado por la similitud en cuanto a disposición y presentación.”¹²⁹ Aunque es éste el documento que explica de forma más completa el modo de acercamiento que tiene Ludwig a la fisiología, ya desde sus primeras investigaciones podía intuirse la orientación de su pensamiento. El deseo por investigar y explicar los procesos vitales desde una perspectiva físico-química apareció ya en 1842, con la publicación de su tesis sobre la secreción renal: *Beitrage zur Lehre vom Mechanismus der Harnsekretion*. La carrera de Ludwig se centró en gran parte en la fisiología renal. Cuanto más intentó entender el funcionamiento del aparato urinario, más tuvo que desarrollar nuevos métodos y técnicas que lo llevaron a una concepción original. El riñón fue por mucho tiempo el ejemplo que más se empleó, por parte de la *Naturphilosophie*, para defender la fundamentación teleológica de la fisiología. La habilidad de este órgano para separar de forma natural las distintas sustancias que entran al organismo y así eliminar todas aquellas que le hacen daño, llevó a pensar que existían fuerzas imponderables, y por ende irreductibles a la física y la química, que guiaban su función. La tesis con la que

¹²⁷ Ludwig, C. (1858), p. 15.

¹²⁸ *Ibid.*

¹²⁹ Rosen, G. (1936), p. 615.

Ludwig obtuvo su grado de doctor intentó mostrar que el riñón no era productor de la orina en un proceso de secreción como se creía hasta entonces, sino que funcionaba más bien como un aparato hidráulico que filtraba mecánicamente la sangre.

En el mencionado texto Ludwig desarrolló una teoría física centrada en los vasos que existen en el riñón, y describió los glomérulos, las unidades anatómicas que tienen la función de filtración del plasma sanguíneo. Se dio cuenta de que debido a que las arteriolas aferentes son más grandes que las eferentes, se tiene como resultado un incremento de la presión local y esta diferencia de presión ocasiona la formación de orina a partir de la sangre. Sus experimentos realizados entre 1849 y 1856 confirmaron esta teoría y brindaron un conocimiento de la difusión a través de las membranas:

Para poder demostrar la selectividad del proceso de filtración, Ludwig se basó en los experimentos de Ernst Brücke y sus recientes trabajos sobre presiones osmóticas. Brücke demostró que ciertas membranas de algunos órganos, como las membranas amnióticas de los pájaros, son permeables al agua y cristaloides pero impermeables a las proteínas. Ludwig acopló estos hallazgos a los resultados del trabajo sobre la difusión de gradientes para explicar cómo la concentración de urea y otros cristaloides en la sangre eran menores que sus concentraciones correspondientes en la orina y por qué el contenido total de agua del plasma no se elimina a través de los riñones. De acuerdo al modelo de Ludwig, y debido a la permeabilidad de la membrana glomerular al agua, se ocasiona un incremento de la concentración de agua en la luz de la cápsula de Bowman. El gradiente de concentración a través de esta membrana, ocasiona una corriente inversa que reabsorbe casi toda el agua de regreso al plasma sanguíneo¹³⁰.

Como puede apreciarse, esta explicación convierte al riñón en una máquina cuya función se debe a un proceso físico; un filtro con unas características más bien complejas, pero que sigue las leyes mecánicas que bien podrían darse en un artefacto fuera del organismo. Pero aparte de la explicación mecanicista, y con la intención de contrarrestar las antiguas ideas vitalistas que se tenían sobre el riñón, Ludwig empleó técnicas físico-químicas de experimentación para apuntalar su teoría de la filtración en el funcionamiento renal. Junto con sus estudiantes Friedrich Goll y Max Hermann realizó una serie de experimentos con los que demostrar la dependencia de la producción de orina respecto de la presión arterial. Uno de ellos consistió en eliminar

¹³⁰ Timothy, L. (1988): "Science for the Clinic: Science Policy and the Formation of Carl Ludwig's Institute in Leipzig", en Coleman, William, Holmes, Frederic L. (ed.): *The investigative enterprise: Experimental Physiology in the Nineteenth Century Medicine*, University of California Press, London, p. 152.

gran cantidad de sangre del organismo, lo que ocasiona una reducción de la presión arterial a 40-50 mmHg en la aorta. En estas condiciones, también la producción de orina se ve afectada hasta el punto de cesar completamente. Al revertir la presión a sus valores previos, se restablecía la producción de orina.

Semejante forma de interactuar con los organismos es producto de la metodología que se consagró bajo la perspectiva mecanicista y de la que Ludwig podría considerarse uno de los padres fundadores. El estudio de los organismos desde esta perspectiva fue de gran ayuda para incrementar los conocimientos fisiológicos. Algunos de los puntos expuestos por Ludwig siguen vigentes en la actualidad, aunque se hayan ido ampliando. Sin embargo, muchos de estos avances no hubieran sido posibles sin dejar paso a un estudio experimental, cuantificable y aislado de la función renal; en otras palabras, sin la fisiología mecanicista. El triunfo de esta nueva epistemología consiguió los mismos logros al analizar otras funciones del organismo. Siempre bajo la metodología rigurosa y cuantificable que Ludwig seguía en su laboratorio y que se fue aplicando en otras instituciones que copiaban las técnicas, para intentar conseguir también sus propios avances. Si llega a existir una posterior crítica de esta perspectiva, especialmente de la propuesta de Ludwig, vendrá de manos de John Scott Haldane, quien mostrará que el aislamiento sistemático, tanto de órganos, como de funciones fisiológicas, sólo lleva a respuestas incompletas sobre la verdadera complejidad y relación que tienen esas funciones al servicio de otras de mayor jerarquía. Cannon, por su parte, no criticará a Ludwig directamente¹³¹, pero sí coincidirá con Haldane al buscar las causas de una determinada función, pensando el organismo como un ente completo e integrado, y no como un cúmulo de partes separadas. De ahí que su postura se asiente en los procesos integrados y no en funciones aisladas. Pero, aun así, tanto Haldane como Cannon coincidirán en el reconocimiento hacia las aportaciones mecanicistas de Ludwig, sin las cuales la visión holista no hubiera sido posible¹³².

Además de sus estudios sobre el riñón, Ludwig también se interesó por otros campos de la fisiología. Pueden destacarse especialmente sus estudios sobre la circulación o sobre los movimientos respiratorios. En el caso de los primeros, se ocupó de la relación que existía entre la presión sanguínea y la influencia de la sangre en las

¹³¹ Cannon sintió mucho aprecio por la figura de Ludwig, pues como se verá, fue el mentor de su maestro directo: Henry Pickering Bowditch.

¹³² En el cuarto capítulo de esta investigación se retomará a profundidad la postura de Haldane y su influencia sobre los trabajos de Cannon.

funciones de los órganos: la actividad cardíaca, la muscular y otros procesos fisiológicos. En el caso de los movimientos respiratorios, investigó el intercambio de gas entre los pulmones y el tejido respiratorio. También trabajó en el sistema linfático, sobre el que obtuvo algunos resultados importantes, sin desatender a sus aspectos histológicos.

Otro de los factores que ayudaron a desarrollar la medicina a una velocidad vertiginosa en el siglo XIX, también debido a la adopción de una perspectiva mecanicista, fue la serie de instrumentos inventados para la práctica de la fisiología experimental. Ludwig sobresalió como uno de los grandes fisiólogos alemanes, pero también lo hizo como gran inventor. Construyó el quimógrafo o tambor mecánico giratorio, que consistía en un aparato de medición para registros permanentes de cualquier tipo de movimiento continuo; lo aplicó al estudio de la respiración o las variaciones en presión arterial. Una modificación del mismo instrumento permitió la medición de cambios eléctricos mínimos y transitorios. Un sistema parecido había sido inventado por el físico Thomas Young para registrar datos y, a partir de él, otros físicos diseñaron medios parecidos de medición: “el quimógrafo de Ludwig allanó el camino para mayores aplicaciones de este método y sus posteriores modificaciones por Marey y Chauveau, siendo conocido como el ‘método gráfico’”¹³³.

En colaboración con uno de sus alumnos, Iván M. Sechenov —a quien se ha mencionado en el capítulo anterior—, inventó la bomba sanguínea de mercurio, que separa los gases que se desprenden de una cantidad de sangre obtenida directamente de la circulación. “Se trata de uno de los primeros dispositivos para realizar el análisis cuantitativo de los gases arteriales, tanto del oxígeno como del carbónico, mediante la aplicación del *principio de vacío de Torricelli*.”¹³⁴ Otra aportación fue el método para aislar órganos del cuerpo y mantenerlos vivos gracias a un sistema de circulación (entre ellos, incluso el corazón). Muchas de sus técnicas e invenciones fueron adoptadas rápidamente por la comunidad científica de la época y pronto estos instrumentos podían ser encontrados en distintos laboratorios de Alemania y después de todo el mundo. Esta situación ocasionó “que se atribuyeran inmediatamente al cuerpo anónimo del

¹³³ Rosen, G. (1936), pp. 613-614.

¹³⁴ Puigbo, J. J. (2002): *La Fragua de la Medicina Clínica y de la Cardiología*, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela Caracas, p. 683.

conocimiento científico de la época...”¹³⁵, o sea, que su diseño, nuevas aplicaciones, etc., no se le reconociera a un inventor propiamente dicho, sino que empezaran a ser simplemente de uso normalizado dentro de las distintas instituciones de investigación científica. En este caso, el fenómeno de la institucionalización se vuelve causa y consecuencia. Por un lado, para poder realizar el tipo de estudios que las teorías mecanicistas demandaban, eran necesarios aparatos de esta índole, pero, a su vez, el éxito de estos aparatos propagó su uso, consiguiendo llevar la perspectiva mecanicista a cada rincón en el que se perseguía realizar investigaciones fisiológicas que pudieran considerarse verdaderamente científicas. Más adelante se ampliará esta idea. En cualquier caso, la perspectiva que implican sus instrumentos y métodos confirma uno de los aspectos más definitorios de Ludwig en cuanto a su concepción de los fenómenos vitales, a los que entiende exclusivamente en términos mecánicos.

Inventos	Descubrimientos
<ul style="list-style-type: none"> • Quimógrafo • Medidor de líquidos (<i>Stromuhr</i>) • Bomba sanguínea de mercurio • Aislamiento de órganos con vida (corazón) 	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de las válvulas cardíacas • Insensibilidad del corazón • La regla del “todo o nada” • Periodo de refracción absoluta del corazón • El fenómeno de la escalera (<i>Treppe</i>) • Métodos de inyección para la visualización de los vasos.

Tabla 2.1. Inventos y descubrimientos de Carl Ludwig.

Se ha dedicado el capítulo anterior a mostrar la lucha librada en el seno de la fisiología entre las teorías vitalistas y las mecanicistas. La *Naturephilosophie* tenía una influencia directa del idealismo alemán y también del espiritualismo que se desprendía de las creencias religiosas. En todo caso, para los seguidores de estas teorías, los organismos vivos se diferenciaban de los demás sistemas materiales porque en ellos operaba una fuerza vital que les brindaba vida, crecimiento y, en una palabra: funciones. Sin embargo, la idea del organismo como una máquina, como un autómata, que ya había expuesto Descartes y que más adelante expuso Julien Offray de la Mettrie (*El hombre máquina*, 1749) relacionando el mecanismo biológico con el materialismo filosófico, comenzó a alcanzar más fuerza conforme avanzaba el siglo XIX. Se ha dicho

¹³⁵ Zimmer, G. H. (1996), p. R19.

ya que existen tres aspectos recurrentes en la explicación del triunfo del mecanicismo sobre el vitalismo: a) el positivismo de Comte; b) la teoría sobre el origen de las especies de Darwin, y c) los adelantos en física y química y su relación con el estudio de los organismos. También se mencionó una cuarta razón a la que no se recurre de forma independiente, sino que se la asocia directamente con el último de los puntos y a la que se ha decidido llamar “el fenómeno de la institucionalización”, que en este mismo capítulo se ha ampliado. Tal fenómeno está vinculado a un grupo de científicos que actuaron como pioneros de una fisiología nueva; los llamados fisiólogos reduccionistas o materialistas médicos, cuyo máximo representante es Ludwig: “Los historiadores han celebrado recientemente como figuras decisivas en esos avances a un pequeño grupo de fisiólogos excepcionalmente hábiles, activos en Berlín durante el decenio de 1840”¹³⁶. Para Ludwig y su escuela de reduccionistas, la necesidad de echar mano de disciplinas como la anatomía microscópica, la química orgánica, la física, etc. —especialmente en un momento en que dichas ramas de la biología habían alcanzado un nivel y una sofisticación muy altos— se volvió fundamental, al considerarlas herramientas indispensables para el análisis fisiológico. Antes la fisiología era parte de las cátedras de anatomía, ahora no sólo se había convertido en una rama independiente, sino que debía poner a otras disciplinas a su servicio. Quizá esta era la principal diferencia epistemológica con el tiempo pasado: una nueva perspectiva que consideraba que eran las otras ramas de la biología las que tenían que brindarse a un conocimiento interdisciplinar en pro del avance de la fisiología. Por esta razón, el problema al que se enfrentaba Ludwig era tanto teórico como metodológico, y es también por ello por lo que el fenómeno de la institucionalización cobró especial importancia en la consecución de tal fin.

Este grupo de científicos defendió la reducción del mundo biológico a la física y la química. Por esa razón, los métodos que emplearon buscaban una precisión cuantificable, basada en el uso de aparatos de medición físico-química. Además de los instrumentos de Ludwig ya descritos, pueden mencionarse el oftalmoscopio de Hermann von Helmholtz o el galvanómetro de Emil du Bois-Reymond. Cada reduccionista desarrolló programas de investigación que seguían un patrón similar al del

¹³⁶ Coleman, William (1983): *La Biología en el Siglo XX. Problema de forma, función y transformación*, Fondo de Cultura Económica, México, p. 205.

laboratorio de Ludwig en Leipzig, que ya hemos detallado. Buscaban terminar con la vigencia del vitalismo:

Si uno observa el desarrollo de nuestra ciencia no puede dejar de notar cómo la fuerza vital diariamente se reduce hasta un terreno más limitado de fenómenos, cómo se llevan más y más nuevas áreas bajo el dominio de las fuerzas físicas y químicas... No [se] puede evitar que la fisiología, entregando sus especiales intereses, algún día sea absorbida en la gran unidad de ciencias físicas; de hecho [la fisiología] se disolverá en la física y la química orgánica.¹³⁷

El papel de Ludwig fue especialmente significativo, si se tiene en cuenta la influencia que ejerció sobre todos los fisiólogos de su época. En el momento de su muerte, casi todos los que estaban en activo habían estudiado con él o conocían de cerca la actividad de su laboratorio. Todos vivieron una época en la que la institucionalización de la fisiología se hizo patente. Unos años antes la situación era distinta: “En 1828, la fisiología estaba representada únicamente en seis universidades germanas a través de siete profesores (no catedráticos), y los laboratorios de fisiología se encontraban en institutos de anatomía. De hecho, la fisiología formaba parte de la anatomía”¹³⁸. Sin embargo, entre los años de 1855 y 1874 fueron designados 26 científicos para ocupar las plazas como catedráticos. En el caso del grupo del que nos ocupamos, los distintos especialistas ejercieron en los siguientes años y ciudades:

- Emil du Bois-Reymond, en Berlín y Viena, de 1858 a 1896.
- Ernst von Brücke, en Viena, de 1849 a 1890.
- Carl Ludwig, en Leipzig, de 1865 a 1895.
- Hermann von Helmholtz, en Bonn y Heildeberg, de 1855 a 1894.
- Eduar Pflüger, en Bonn, de 1859 a 1910.

El manual de fisiología de Ludwig (*Lehrbuch der Physiologie des Menschen*) constituye el primer tratado de esta rama de la biología moderna, y supone un giro epistemológico que la conecta con el resto de la ciencia natural. La obra se convirtió, así, en el modelo de una nueva forma de estudiar las funciones dentro de los organismos, mediante un programa detallado que consolidó el pensamiento

¹³⁷ Coleman, William (1983), p. 254.

¹³⁸ Sánchez Ron, José Manuel (2007), p. 227.

reduccionista. La pretensión de Ludwig era muy ambiciosa, pues quería demostrar que toda la fisiología debe reducirse a la física y a la química, aunque, muy a su pesar, “llegó a reconocer que no había conseguido este objetivo”¹³⁹. En todo caso, dejó a disposición de sus alumnos y colegas una nueva forma de hacer fisiología experimental, cuantificable y comprobable.

En su manual no hay una sola línea que haga referencia a cuestiones morfológicas. No se habla de anatomía comparada o de embriología, ni siquiera de la teoría celular: “Su intención era dar prioridad a la física sobre la anatomía cuando se hablaba de fisiología”¹⁴⁰. Las estructuras anatómicas producen efectos fisiológicos no por su forma, sino por las condiciones particulares que se encuentran en la materia que las compone: “Si esto es correcto” —concluía Ludwig— “entonces la anatomía no es suficiente para obtener ni un solo vestigio de conocimiento de los procesos fisiológicos; porque el objeto del que se ocupa la anatomía sólo adquiere una relevancia bajo la condición de que algún movimiento esté presente”¹⁴¹. Ello implicaba que la fisiología tendría que ser la guía de otras disciplinas, como la anatomía microscópica, cuando antes se pensaba lo contrario. Tal situación es de suma importancia, dado que separaba los conceptos de función y forma; postura alejada de la *Naturephilosophie*, cuya idea de función va estrechamente ligada a la morfología del órgano estudiado.

También estos reduccionistas se apoyaron en la noción de que la enfermedad residía en una perturbación de la función normal de un órgano o un sistema de órganos. Se opusieron a la idea que defendía que las enfermedades eran entidades específicas. A su vez, proponían apartar la idea de que la enfermedad sólo podía ser examinada a través de la anatomía patológica, como único medio de la medicina científica. Por este motivo, centraron su atención en el funcionamiento normal de los procesos fisiológicos, en el descubrimiento de sus leyes, para, de esta manera, comprender cuándo se producía la ruptura de ese curso normal ocasionando la enfermedad: una visión muy cercana a nuestra idea actual de estado patológico, si tenemos en cuenta la definición de Boorse sobre enfermedad: “Incapacidad para llevar a cabo todas las funciones fisiológicas con, al menos, un nivel típico de eficiencia”¹⁴².

¹³⁹ Zimmer, G.H. (1996), p. R20.

¹⁴⁰ Timothy, L. (1988), p. 157.

¹⁴¹ *Ibid.*

¹⁴² Boorse, Christopher (1997): “What is Disease?”, en Humber, J.M. & Almeder, R.F. (eds): *A Rebuttal on Health*, Huamana Press, New Jersey, p. 42.

La mayoría de estos fisiólogos tendieron a adoptar una actitud reduccionista sólo a nivel metodológico. “Así pues, mientras que en física los científicos del siglo XIX dudaban entre la posibilidad de adentrarse en la empresa de aportar una teoría de la materia —que pudiera ser entendida en un sentido realista— y la renuncia a dicha tarea por considerarla imposible, los biólogos solían limitar sus planteamientos reduccionistas a los aspectos meramente metodológicos de su ciencia.”¹⁴³ Como se ha visto en el capítulo anterior, de existir un personaje que se comprometió consciente y abiertamente con la metodología y la teoría mecanicista éste fue Jacques Loeb. En todo caso la aplicación de estas técnicas y métodos se consolidó en la práctica normal de los institutos de investigación médica; algo de lo que participó el laboratorio de Harvard y que finalmente incidirá en la concepción de la fisiología defendida por Cannon.

2.3. Una gran aventura: Henry P. Bowditch y el primer laboratorio de fisiología en Norteamérica

2.3.1. Inicios

Bowditch, hijo de una familia de notables científicos de New England, nació en Boston en 1840. “Su juventud no tuvo grandes acontecimientos y fue la típica juventud de un hombre de su clase, en Boston, durante la mitad del siglo diecinueve.”¹⁴⁴ En 1857 entró en el colegio de Harvard, dando ya muestras de su interés por la ciencia, lo que se puede constatar por el curso especial que realizó de Química, Historia Natural y Anatomía Comparada en La Escuela Científica Lawrence. En 1868 se graduó como médico en la Escuela de Medicina de Harvard con una tesis sobre la acción fisiológica del bromuro de potasio, basada en observaciones que él mismo había realizado. Como se ha explicado anteriormente, en esta época las mejores investigaciones fisiológicas se desarrollaban en Europa, así que cuando Bowditch terminó su carrera de medicina fue alentado por Jeffries Wyman, su profesor de anatomía comparada, para que fuera a estudiar al extranjero. Decidió cruzar el Océano Atlántico y completar su formación especializada en el Viejo Mundo. De esta manera, se convirtió en uno de los pioneros y

¹⁴³ Escarpa Sánchez-Garnica, D. (2004): *Filosofía y biología en la obra de Claude Bernard*, Universidad Complutense, Madrid, p. 161.

¹⁴⁴ Rosen, G. (1936), p. 620

visionarios (sin saberlo él todavía) que supieron reconocer las limitaciones que encontrarían si decidían continuar su formación en Harvard.

Se trasladó a París el mismo año en que se graduó. En un principio, comenzó a trabajar en las clínicas de Jean-Martin Charcot (1825-1893) y Paul Pierre Broca (1824-1880), aunque su principal deseo era poder estudiar bajo la instrucción de uno de sus profesores durante la carrera, Charles-Édouard Brown-Séquard (1817-1894), fisiólogo y neurólogo francés que impartió clases de fisiología y neuropatología en Harvard. Lamentablemente, al regresar Brown-Séquard a París, se frustró su idea de crear un laboratorio en el que pudiera trabajar, lo que a su vez ocasionó que Bowditch tampoco pudiera ver cumplido su deseo de colaborar con él. Por esta razón, decidió centrar más su atención en la fisiología y la anatomía. Pasó un breve tiempo con Bernard y con Ranvier. Durante esta época, dedicaba tres días de la semana a formarse en fisiología y otros tres a practicar microscopía, pero, pese a estudiar con dos eminencias en sus respectivas disciplinas, decidió partir porque en ninguno de los dos laboratorios se poseía un buen alojamiento para alumnos visitantes y esto le convenció de que debía buscar otras alternativas.

Bowditch decidió, pues, dejar París, aceptar la invitación del fisiólogo Wilhelm Kühne¹⁴⁵ (1837-1900) y partir hacia Alemania. Más adelante pasará también un periodo con Virchow en Berlín, después con el histólogo Max Johann Sigismund Schultze¹⁴⁶ (1825-1874) en Bonn y una fase final con Helmholtz, antes de llegar a la etapa que le marcará definitivamente y le introducirá en el ámbito de la experimentación fisiológica: su estancia en el laboratorio de Ludwig.

Cuando empezó a trabajar en él, se dejó seducir por el gran ambiente científico y el entusiasmo que había entre sus compañeros. Ya para entonces Ludwig había diseñado su quimógrafo. No obstante, el registro del tiempo y de los intervalos de estimulación seguían escribiéndose a mano. Dado que Bowditch también había llamado la atención de su maestro por su destreza e inventiva en el diseño de aparatos, se le asignó, como una de sus primera tareas dentro del laboratorio, la de idear un mecanismo que permitiera registrar los datos del quimógrafo automáticamente. El propio Bowditch lo describió en una carta a sus padres:

¹⁴⁵ Fisiólogo alemán especialmente conocido por acuñar el término de *enzima*.

¹⁴⁶ Histólogo alemán especialmente conocido por ofrecer una teoría celular.

El Prof. Ludwig es un hombre muy cordial y agradable. Debe de tener entre cincuenta y sesenta años, pero retiene su entusiasmo juvenil y una notable facultad para encontrar placer y regocijo en cosas sin importancia. Arreglé un pequeño aparato ayer que va unido a un metrónomo con el propósito de marcar el tiempo sobre un cilindro giratorio cubierto de papel carbón (un instrumento muy usado en varios experimentos fisiológicos), y fue muy divertido ver lo encantado que estaba el profesor con ello.¹⁴⁷

La impresión que causó Ludwig sobre Bowditch fue impactante. De él aprendió no sólo la utilización de aparatos para la realización de investigaciones fisiológicas, una metodología basada en la experimentación y la introducción del análisis físico-químico en materias biológicas, sino también el entusiasmo que Ludwig conseguía transmitir a sus colaboradores.

En 1869, Charles William Eliot (1834-1926) fue elegido rector de la Universidad de Harvard, y en diciembre de ese mismo año le propuso a Bowditch volver a Estados Unidos para dar una serie de conferencias de fisiología durante el semestre de primavera del curso académico 1870-1871. Aunque esto significaba comenzar a abrirse las puertas en tan prestigiosa universidad, Bowditch rechazó la invitación. Sin embargo, no es de extrañar que lo hiciera, ya que de haber aceptado esto le hubiera supuesto dejar los últimos seis meses de trabajo en Alemania, que fueron los más significativos y provechosos de su estancia.

Durante este periodo, Bowditch se familiarizó con la metodología mecanicista, debido al tipo de trabajo que se llevaba a cabo en el Instituto de Fisiología de Leipzig, del que ya se ha hablado detalladamente más arriba. En el laboratorio se brindaba un aprendizaje práctico, cuyo principal propósito era la experimentación a través de técnicas cuantificables, buscando reducir los problemas de la fisiología a las ramas de la física y la química. Gracias a este tipo de enseñanza, Bowditch pudo asimilar la perspectiva mecanicista, lo que le llevó a convertirse en una de las figuras predominantes en la propagación de esta corriente y en el asentamiento del fenómeno de institucionalización, imitando esta metodología posteriormente en su propio laboratorio. Siguió unos principios en los que la especulación no tenía cabida, pues para Bowditch era tarea del investigador constatar de manera experimental y directa los hechos que se esconden en el funcionamiento de los organismos, ateniéndose, así, a los mismos compromisos epistemológicos y metodológicos de su mentor alemán.

¹⁴⁷ Cannon, Walter B. (1922): "Henry Pickering Bowditch", presentado en la *Academy of the Annual Meeting*, p. 184.

Algunas de las investigaciones de las que formó parte se centraron en la fisiología del corazón, y específicamente en la función de bomba que realiza el músculo cardíaco. Al igual que Ludwig mostró que la función renal se reducía a un proceso mecánico en el que intervenían fuerzas físicas, Bowditch describió el proceso muscular característico del órgano rector del flujo sanguíneo. Estas investigaciones consistían en dos estudios principales, uno acerca de la actividad nerviosa cardíaca, en particular acerca las variaciones de la presión arterial y su efecto sobre las fibras nerviosas “aceleradoras” e “inhibidoras” del corazón. “También se dedicó a estudiar el mecanismo de la irritabilidad del miocardio.”¹⁴⁸

Otro fruto de su trabajo en Leipzig tuvo que ver con las importantes investigaciones que generaron dos conceptos fisiológicos muy relevantes: el “efecto escalera” y la ley del “todo o nada”. Algunos de los experimentos realizados por Bowditch consistían en aislar un corazón de rana y someterlo a descargas eléctricas, para medir el grado de contracción que existía en el músculo cardíaco. Cuando aplicaba un estímulo, el corazón se contraía por completo durante un lapso de tiempo para después relajarse del todo en el mismo rango temporal. Si se aplica el estímulo al músculo cardíaco para que éste se contraiga, pero antes de que comience la relajación se le aplica otro impulso eléctrico, el músculo volverá a contraerse apareciendo el “fenómeno de la sumación”. Si se vuelve a aplicar un estímulo para conseguir la contracción el corazón y se mantienen estímulos seguidos, se consigue un “efecto escalera”, que es la “tetanización” incompleta del músculo (véase el gráfico 2.1). Si se aplicaran más y más impulsos, el músculo llegaría a la extenuación y se tetanizaría (mantendría una contracción completa) sin intentar relajarse:

Si después de que el ápex [punta del corazón] se encuentre en completo reposo por varios minutos, se inicia una serie de estímulos a intervalos de 4 a 6 segundos con una máxima y constante intensidad, entonces se producirán una secuencia de contracciones. La primera contracción que ocurre después de un intervalo de algunos minutos será la más pequeña y se irán incrementando de tal manera que con cada aumento en el número de contracciones las mismas son cada vez más pequeñas y más pequeñas hasta que desaparecen y poco tiempo después las contracciones son todas de una misma magnitud. Ésta serie de contracciones se les puede llamar “fenómeno de la escalera” por la forma gráfica en que se expresan y que se asemeja a una escalera, en donde “los escalones” varían en una altura máxima y mínima así como en el número de “escalones” en un mismo corazón.

¹⁴⁸ Rosen, G. (1936), p. 622.

Inicialmente se descubrió que la forma de la “escalera” parecía independiente de la dirección e intensidad de la corriente eléctrica aplicada. Y aunque este hecho se podría haber sospechado ya que siempre se aplicaba una máxima estimulación, estoy convencido por la precisión de los experimentos de que la intensidad de la primera contracción, el incremento de una a otra contracción y la magnitud de la máxima contracción son independientes de las características seleccionadas para el estímulo.

La aplicación del estímulo eléctrico más débil no produce una contracción menor; además, si se aplica un estímulo eléctrico máximo tampoco se obtiene una contracción más fuerte. En nuestros experimentos la aplicación de la corriente eléctrica o producía una contracción completa o ninguna. Si después del estímulo le seguía una contracción completa, ésta era la mayor bajo estas circunstancias, independientemente de la intensidad de la corriente eléctrica aplicada. Por lo que parece que el tamaño de la contracción tiene más que ver con las características de las fibras musculares. Dicha observación es de gran relevancia.¹⁴⁹

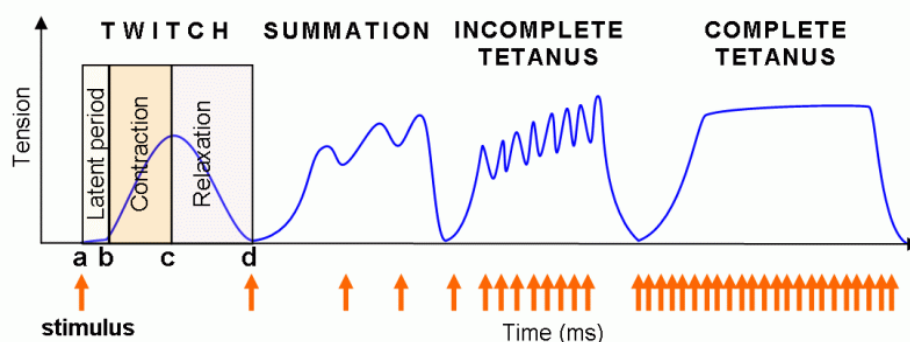


Figura 2.2. Gráfica de contracción con efecto escalera¹⁵⁰.

La ley del todo o la nada es otra aportación de estas investigaciones y muestra que la fuerza de contracción es independiente de la fuerza del estímulo (el músculo cardíaco se contraerá a su máximo límite o no se contraerá en absoluto cuando es excitado por un impulso). Los resultados obtenidos fueron de gran ayuda para el estudio de las vías nerviosas y las investigaciones que más adelante continuarían Sechenov y Pavlov. El trabajo, realizado a lo largo de un año, fue expuesto en un ensayo que entregó a Ludwig, quien, en palabras del mismo Bowditch, “parecía que estaba muy satisfecho con él”¹⁵¹. De esta manera culminó su colaboración directa con el profesor alemán. No obstante, la comunicación entre ambos científicos siempre siguió siendo fluida.

¹⁴⁹ AA. VV. (1970): “Henry Pickering Bowditch (1840-1911): Harvard Physiologist”, *The Journal of the American Medical Association*, 213, (4): 617-619.

¹⁵⁰ Fuente del gráfico: <http://www.flashcardmachine.com/physiologyfinal-exam.html>

¹⁵¹ Cannon, Walter B.: (1922), p. 186.

Después de esta etapa, Bowditch regresó a Boston gracias a una segunda oferta por parte de Eliot, de la que se hablará más adelante, terminando, así, su etapa de estudios en el extranjero. De su estancia en el Instituto de fisiología de Leipzig, Bowditch obtuvo grandes beneficios: aprendió el método experimental aplicado a las investigaciones fisiológicas, comprendió la inventiva que debe ponerse en juego para resolver las dificultades técnicas que obstaculizan los estudios del investigador, se familiarizó con la creación de aparatos que ayudan a la medición y, finalmente, vivió la pasión, ya no sólo en la investigación directa en fisiología, sino también en la labor didáctica que se puede ejercer dentro de un laboratorio de esta categoría. No hay que olvidar que estos centros, según se viene repitiendo, son también lugares para la práctica y la educación de jóvenes estudiantes; algo que asimilaría a la perfección su discípulo Walter B. Cannon.

2.3.2. El Laboratorio de Harvard

Estados Unidos, con unos años de retraso, era un reflejo fiel del estado de la medicina en Europa durante el siglo XIX. No había propiamente cátedras de fisiología, la poca investigación que se hacía en este ámbito estaba basada en la observación pasiva (véase el ejemplo de Beaumont en el capítulo anterior), no existían laboratorios de fisiología y, por ende, no se practicaba una metodología experimental. Se ha hecho bastante hincapié en que las escuelas de medicina norteamericanas, durante ese período, no tenían la calidad de la que comenzaban a gozar algunas europeas (especialmente en Alemania). Quizá esta fuese otra de las razones por las que el mismo Bowditch, al estar en proceso de formación, decidiera rechazar la primera oferta de trabajo que recibió de Eliot para incorporarse a la Universidad de Harvard. El rigor y la exigencia hacia los alumnos y hacia los mismos profesores en Estados Unidos eran deficientes. El caso de la Escuela de Medicina de Harvard no era distinto. De hecho, dentro de la comunidad médica de Boston, muchas voces se alzaron para denunciar esta situación y pedir a las autoridades académicas que pusieran más atención en el desarrollo de la enseñanza de la medicina. Sin embargo, se podría decir que “nada cambió hasta que Charles W. Eliot se convirtió en rector de Harvard en 1869”¹⁵². Como nuevo rector, se dio cuenta de que la

¹⁵² Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987): *Walter B. Cannon: The Life and Times of a Young Scientist*, The Belknap Press of Harvard University Press, USA, p. 34.

Universidad, en general, debería pasar por importantes reformas. Eliot estaba consternado, pese a la gran calidad de los estudiantes, por los deficientes parámetros y expectativas de la educación que se impartía. Lo vivió como el profesor de química que fue en 1856. Lo primero que se planteó en sus reformas fue reorganizar la Escuela de Medicina, intentando reclutar profesionales que pudieran elevar las expectativas académicas: “[...] como reconoció el joven rector, las principales metas de la escuela dependían, en buena parte, de la calidad de los profesores que pudiera atraer. Uno de los primeros miembros para la facultad que trató de reclutar fue Henry Pickering Bowditch.”¹⁵³

En 1871, una vez que Bowditch había vuelto a Boston, Eliot le hizo nuevamente una oferta. Esta vez fue el cargo de profesor asistente de fisiología en la Escuela de Medicina, bajo la dirección de Oliver Wendel Holmes. Poco después fue nombrado profesor adjunto de Fisiología (1876), convirtiéndose así en el primer profesor de esta rama de la medicina en Harvard¹⁵⁴. El método de enseñanza que Bowditch desarrolló participaba de las características del que aprendió en Leipzig, con una serie de clases muy bien estructuradas y un detallado cuerpo de demostraciones. “Poniendo todo su entusiasmo, vigor e interés en sus exposiciones, Bowditch estimuló a sus estudiantes de medicina a buscar por su cuenta la literatura original que mencionaban sus libros de texto...”¹⁵⁵. Sin embargo, sabía que la formación de sus alumnos no sería completa a menos que recibieran una formación práctica. Esto le llevó a tomar una decisión muy importante para la educación médica en Estados Unidos.

Antes de salir de Leipzig, Bowditch se dedicó a comprar algunos aparatos para poder usarlos en sus propias investigaciones cuando volviera a Estados Unidos, sin saber que dichos instrumentos serían el origen de un proyecto mayor. Una vez en Boston, y ya iniciado su trabajo dentro de la Escuela de Medicina de Harvard, se dio cuenta de que todavía no existía ningún laboratorio donde los alumnos pudieran poner en práctica los conceptos aprendidos en clase, por lo que una de sus principales tareas consistió en buscar un lugar donde poner en marcha la formación práctica. Dado que

¹⁵³ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 35.

¹⁵⁴ Para mostrar el nivel tan deficiente de la Escuela de Medicina antes de la llegada de Bowditch, baste mencionar que a la facultad no le era reconocido el grado de medicina por el Consejo Universitario de Gran Bretaña (University Council of Great Britain), porque “no reconocía el grado de ninguna universidad en la que no hubiera un profesor de Fisiología” (Beninson, Saul, Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 409 n. 21).

¹⁵⁵ Beninson, Saul, Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 38.

todas las estancias estaban ocupadas, pidió que se construyeran dos habitaciones pequeñas en el ático del edificio. En este modesto recinto fueron puestos los artefactos que trajo de Alemania, convirtiéndose así “en el primer laboratorio fisiológico de uso para estudiantes de Estados Unidos”¹⁵⁶. El centro de investigación, al igual que el de Ludwig, se caracterizó por su metodología mecanicista y por una indagación fisiológica basada en la experimentación parcelada de los distintos procesos que tienen lugar en el organismo. En él se realizaron investigaciones sobre la presión sanguínea, los nervios cardíacos, el cloroformo, las acciones del éter, la influencia de la respiración sobre el riego sanguíneo, todas bajo una perspectiva reduccionista.

Aunque de un tamaño modesto, este ático se convirtió en el centro de investigación experimental de la Escuela de Medicina de Harvard¹⁵⁷ y en él se cultivaron distintas disciplinas por un selecto grupo de investigadores. Bowditch fue nombrado director del *Laboratorio de Harvard*. De esta manera se importó el fenómeno de la institucionalización de la fisiología experimental al país norteamericano, con todos los elementos (aunque a menor escala) que incluía y de los que partía la idea de Ludwig. Es decir, bajo la convicción de que la única forma que existe para desentrañar la causa de las funciones orgánicas es a través del análisis pormenorizado y por separado de las partes que conforman cada proceso y un acercamiento a éstas a partir de técnicas de indagación físico-químicas. Quizá ése sea uno de los mejores ejemplos que pueden ayudar a entender la necesidad de ver en el fenómeno de la institucionalización una razón independiente, de aquella otra justificación basada en los progresos en física y química, cuando se habla de los hechos que hicieron posible abandonar las ideas del vitalismo. En el caso de la Universidad de Harvard, fue la fundación de este instituto lo que permitió que estudiantes e investigadores se enfrentasen al uso de técnicas físico-químicas y vieran la relevancia del análisis mecanicista en la fisiología. Para ellos, resultó fundamental comprender que la teoría fisiológica, para considerarse científica, se

¹⁵⁶ Cannon, Walter B. (1922), p. 186.

¹⁵⁷ Es muy probable que el ser un laboratorio tan pequeño estuviese en el origen de un malentendido sobre sobre cuál fue el primer laboratorio de fisiología en Estados Unidos (los dos laboratorios en cuestión eran el de Harvard y el de la Johns Hopkins University, ver p. 45). Cannon denuncia que en el número 19 de la revista *Science* de septiembre de 1933, se hacía mención de que el laboratorio de la Johns Hopkins University había sido el primero en constituirse: “En la noticia se decía que en 1876 ‘sólo había un laboratorio de fisiología en los Estados Unidos, que el profesor H. Newell Martin había establecido recientemente en la Johns Hopkins University’. Tengo que llamar la atención sobre el hecho de que cuando regresó el Dr. Henry P. Bowditch del laboratorio de Ludwig en 1871 estableció el laboratorio de investigación experimental de fisiología en la Escuela de Medicina de Harvard” (Cannon, Walter B. (1933): “The first American laboratory of Physiology”, *Science*, 78 (Oct), p. 365.)

reduce al estudio de las interacciones físicas y químicas, pero este aprendizaje lo obtuvieron gracias a las demostraciones prácticas que se llevaron a cabo en el instituto de Harvard. Más adelante se empezarían a crear nuevos laboratorios de investigación médica en Estados Unidos, hasta acabar desterrando del aula la especulación fisiológica basada en teorías incontrastables, y dando paso a la práctica y experimentación directas.

También por ello, el fenómeno de la institucionalización no puede apartarse de su función pedagógica, ya que consolidó el estudio de la fisiología experimental en todas las escuelas de medicina. Bowditch, además, quiso garantizar cierta libertad en las investigaciones de sus colaboradores. Deseaba que los estudiantes desarrollaran la pasión por la investigación en aquellos temas que más les interesasen, sin obligarlos a investigar cuestiones que no les llamasen la atención. Una actitud que no entendía de jerarquías: “tanto los nuevos estudiantes como los más avanzados estaban motivados para perseguir sus propios intereses y problemas”¹⁵⁸. Bowditch no tardó mucho en ganarse la admiración no sólo de sus colaboradores y alumnos sino de la comunidad académica en general. Su fama se extendió fuera de Harvard:

Para 1983 Bowditch se había convertido en la mayor figura de la comunidad médica y científica de Boston. Todo aquel que entraba en contacto cercano con él quedaba impresionado por su majestuosa apariencia, juicio seguro y la ferviente devoción por su trabajo. En el laboratorio de la Escuela de Medicina, su consejo era reconocido como indispensable y, desde el comienzo hasta el final, cuando empezaba a hablar, era escuchado con respetuosa atención¹⁵⁹.

Las actividades que se desarrollaron dentro de este laboratorio buscaban principalmente la participación de los estudiantes. La idea era fomentar la investigación intentando que fuesen los alumnos quienes se acercaran a los problemas fisiológicos de forma directa, a través de los experimentos que se realizaban en el instituto: “No por una exagerada idea de su valor e importancia [del laboratorio], sino con la esperanza de llamar la atención por los servicios que se ofrecían en el laboratorio para la realización de investigaciones originales, y quizá para animar a un mayor número de estudiosos a enfrentarse a la investigación de cualquiera de los problemas fisiológicos existentes y encontrar su solución”¹⁶⁰.

¹⁵⁸ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 40.

¹⁵⁹ Cannon, Walter B. (1922), p. 186.

¹⁶⁰ *Ibid.*

En el fondo, Bowditch sólo estaba transmitiendo la curiosidad por la experimentación científica en el área de la fisiología que aprendió de Ludwig. Aunque no se podían comparar con el majestuoso laboratorio de Leipzig, estas dos pequeñas habitaciones en el ático del edificio de la Escuela de Medicina fueron testigos de experimentos en prácticamente todas las ramas de la medicina: fisiología, biología general, farmacología, patología, psicología o cirugía. Los medios al alcance de Bowditch eran limitados, pero su objetivo era muy claro: ser el reflejo americano del instituto de su maestro en Alemania. Los trabajos llevados a cabo irían cofigurándose como aportaciones muy significativas a la fisiología del país norteamericano. Un ejemplo de ello puede encontrarse, precisamente, en la labor de Walter Cannon, quien siendo todavía un estudiante de primer año de medicina, comenzó a trabajar en una investigación sobre los movimientos digestivos por indicación de Bowditch. Así comenzará, en realidad, Cannon su carrera como investigador.

Para Bowditch, la formación en medicina debía basarse mucho más en la experimentación directa que en los libros: “La masa de conocimiento en cada departamento de medicina ha crecido tan enormemente que abrumba tanto a profesores como a alumnos. El único refugio se consigue en una rigurosa maestría en el método científico. El estudiante de medicina debe adquirir primero capacidad, y después información. Sólo de esta forma será capaz de mantener su curso a través de los desconcertantes vientos y la contracorriente en el auténtico mar de conocimiento”¹⁶¹.

Por otro lado, Bowditch, que ya había demostrado cierta habilidad y destreza en Leipzig, también en Harvard sobresalió por su gran inventiva. Desarrolló una serie de aparatos que le ayudaron a él y a su grupo de colaboradores a seguir descifrando enigmas fisiológicos. Esta serie de mecanismos útiles para la investigación científica deben ser tomados en consideración, ya que serán la base de un posterior desarrollo que se consolidaría como una nueva disciplina: la ingeniería biomédica. El propio Bowditch comprendió la importancia de la utilidad de tales artefactos y publicó un artículo en *The Journal of Physiology* donde describió el equipamiento que utilizaba en su laboratorio, para que otras instituciones se beneficiaran también de su uso:

¹⁶¹ Porter, William (1898): “The teaching of Physiology in Medical School”, *The Boston Medical and Surgical Journal*, n.º 139, p. 652.

Las piezas de un aparato construido en un laboratorio fisiológico, para satisfacer necesidades especiales, resultan poseer con frecuencia la utilidad general suficiente que justifica su descripción en una revista dedicada a la fisiología. Por esta razón, en el siguiente texto breve se presentarán para el lector algunos aparatos que utilizamos en la Escuela de Medicina de Harvard, con la esperanza de que resulten útiles en cualquier lugar además de en el laboratorio donde han sido desarrollados¹⁶².

En el artículo se describen varios instrumentos de su propia invención; desde los más complejos —el aparato de respiración artificial, la cánula para la observación de las cuerdas vocales, un aparato de inducción que ayudaba a registrar las finas variaciones en la intensidad de la corriente inducida—, hasta algunos más sencillos, como un aparato para sujetar a un perro y mantener su boca cerrada durante ciertos experimentos. Además de los expuestos en el artículo, Bowditch también hizo una modificación significativa en el pletismógrafo (para medir el cambio de volumen de los órganos), inventado por su amigo el fisiólogo italiano Angelo Mosso (1846-1910).

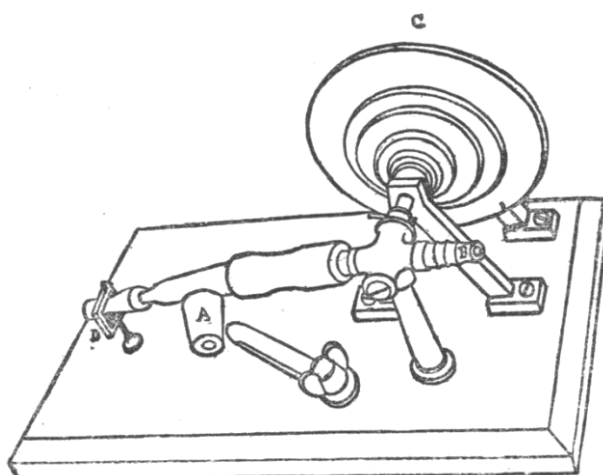


Figura 2.3. Aparato de respiración artificial¹⁶³.

Como puede apreciarse, los métodos utilizados fueron los heredados directamente de los reduccionistas alemanes. Ya no sólo se trata del uso de aparatos de medición y de técnicas físico-químicas propias del mecanicismo, sino que la perspectiva adoptada centraba la atención en una estructura o proceso aislado de los sistemas que componen el organismo, para intentar dilucidar su funcionamiento. Un ejemplo de ello puede encontrarse en las investigaciones, ya mencionadas, sobre los movimientos del aparato digestivo, con un aparato de rayos X, que Cannon realizó. El análisis que

¹⁶² Bowditch H.P. (1879): "Physiological Apparatus in use at Harvard Medical School", *The Journal of Physiology*, 2(3):202.

¹⁶³ *Ibid.*

emprendió siguió todos los patrones de la concepción mecanicista y es comparable a las investigaciones de Loeb o Pavlov.

Al igual que Ludwig en Leipzig, Bowditch comprendió que la fisiología era una ciencia que tenía que apoyarse en otras disciplinas para poder ampliar su rigor. Desde este punto de vista —y en ello también coincidía con Ludwig— dichas áreas de estudio tenían que ponerse al servicio de la fisiología. De ahí que, una vez que fue nombrado decano de la Escuela de Medicina, una de las tareas que emprendió fue la ampliación de otros departamentos de investigación que pudieran colaborar en la indagación fisiológica: “Bajo la dirección de Bowditch, Harvard fue la primera escuela americana que daba una instrucción formal en patología, así como en la nueva ciencia de la bacteriología; y la asignatura de histología se amplió para incluir la embriología”¹⁶⁴. Con ello se consiguió que el laboratorio de fisiología de Harvard se convirtiera en el principal laboratorio de investigación universitaria en Estados Unidos.

Los datos que definen mejor el nivel que alcanzó el laboratorio son, por un lado, su número de publicaciones y, por otro, la nómina de investigadores que pasaron por él: “De 1883 a 1889 los miembros del laboratorio publicaron 23 trabajos de investigación”¹⁶⁵. El laboratorio contó con muchos colaboradores, que imitando la experiencia que vivió Bowditch, fueron a especializarse a Europa. De esta manera, el centro se convirtió en uno de los principales promotores de dicha dinámica de formación. Por citar algunos ejemplos, entre los ayudantes de Bowditch se encontraban: Granville Stanley Hall (1844-1924), que practicó con Helmholtz; Wundt, quien consiguió una especialización en psicología fisiológica, de la que fue profesor en varias universidades de Estados Unidos; otro fue Warren Plimpton Lombard (1855-1939), egresado de Harvard y enviado por Bowditch al laboratorio de Ludwig: allí se interesó por la fisiología muscular del sistema nervioso, investigó la inervación muscular recíproca, los reflejos dolorosos, los reflejos vasomotores y la circulación capilar. También hay que aludir a Harvey William Cushing (1869-1939), que recibió un primer adiestramiento quirúrgico de manos de William Stewart Halsted en el recién fundado Hospital Johns Hopkins. Después viajó a Berna para aprender fisiología con Karl Hugo Kronecker y Emile Theodor Kocher y luego a

¹⁶⁴ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 410.

¹⁶⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 42.

Liverpool donde, bajo la instrucción de Sherrington, se formó en neurología. De esta forma, se convirtió en uno de los pioneros en el terreno de la neurocirugía. Pero “el último y quizá el más importante colaborador de Bowditch” fue Walter Bradford Cannon¹⁶⁶. De hecho, Cannon le sucedió al frente del Laboratorio de Harvard desde 1906.

2.4. Los legados recibidos por Cannon

Antes de comenzar a analizar el legado que Luwdig y Bowditch dejan al científico protagonista de este trabajo, hay que detenerse un instante para recordar que la medicina es una disciplina que depende de la ciencia (*epistème*) y de la técnica (*tekhné*). En el empleo del conocimiento científico sólo cuenta el objetivo de acercarse a cubrir las necesidades del paciente, pero para conseguirlo es indispensable la invención de técnicas y métodos. Por esta razón los médicos griegos concibieron la medicina como un “arte”, pues la invención es una parte indisociable de la actividad médica:

Además de ser profesión, la medicina es –en una u otra medida, de uno u otro modo– saber científico, ciencia. En sí misma, la medicina no es ciencia pura *espistème*, sino ciencia aplicada, y por tanto, *tekhné*. El médico es médico no en cuanto “conoce”, sino en cuanto “trata”; pero sus tratamientos no serían correctos si no se fundasen sobre un conocimiento científico [...] Todo un conjunto de ciencias puras –morfológicas, fisiológicas, psicológicas, sociológicas—deben dar fundamento a la ciencia aplicada, esto es, a la técnica diagnóstica y terapéutica del médico.¹⁶⁷

Pues bien, es probable que nunca se haya dado en la historia de la medicina mayor influencia de la técnica sobre las bases del conocimiento científico que a lo largo del siglo XIX¹⁶⁸. Los principales avances en la fisiología del siglo XIX fueron impulsados por el fenómeno de la institucionalización, es decir, por la creación y desarrollo de los laboratorios. A comienzos de dicho siglo eran casi inexistentes, pero poco a poco proliferaron, mostrando su utilidad. Los grandes progresos que propiciaban eran tan notorios, que terminaron formando parte indispensable de la concepción de la investigación biomédica. Para que estos centros de experimentación científica se

¹⁶⁶ Rothschild, K.E. (1974): “La Fisiología”, en P. Laín Entralgo (ed.), *Historia Universal de la Medicina*, Salvat Ediciones, Barcelona, Tomo IV, p. 89.

¹⁶⁷ Laín Entralgo, Pedro (1986): *Ciencia, técnica y medicina*, Alianza Editorial, Madrid, p. 31.

¹⁶⁸ Exceptuando, como es natural, el período de investigación médica contemporánea.

establecieran firmemente fue necesario que personajes como Bernard, Müller, Liebig, Purkyně, Ludwig o Bowditch, así como sus colaboradores, llegaran ser conscientes de la importancia de instaurar una nueva metodología. A lo largo de las páginas anteriores se ha podido mostrar que algunos de estos investigadores actuaban desde una perspectiva ya propiamente mecanicistas. En cualquiera de los casos, la experimentación directa fue parte de su trabajo cotidiano y ésta, a su vez, el primer eslabón para intentar estandarizar una serie de métodos y técnicas: la estrecha línea que separa el desarrollo de la metodología y la creación de laboratorios hace que la cadena se renovara una y otra vez, siendo difícil resolver qué fue consecuencia de qué.

Cuando se reflexiona sobre la rápida propagación de la fisiología experimental a lo largo del siglo XIX y se comprueba que es dentro de los laboratorios donde se desarrollan las técnicas de orientación mecanicista, no es de extrañar que pronto toda postura vitalista quede expulsada de la investigación fisiológica. La concepción mecanicista será llevada a todas aquellas instituciones que vean en la experimentación directa la única forma de entender los procesos fisiológicos. No sólo fue un fenómeno que sucediera en Alemania, el mismo Claude Bernard, así lo entendía:

Todas las ciencias analíticas descomponen con objeto de poder experimentar. Siguiendo este camino, los físicos y químicos han acabado por convertir los fenómenos en apariencia más complicados en propiedades sencillas, reduciéndolos a especies minerales bien definidas. Siguiendo la misma vía analítica, el fisiólogo debe llegar a relacionar todas las manifestaciones vitales de un organismo complicado con juego de ciertos órganos, y la acción de aquéllos en las propiedades de los tejidos o de los elementos orgánicos bien definidos¹⁶⁹.

No obstante, en la segunda mitad del siglo XIX los reduccionistas alemanes aún no eran capaces de dar una respuesta satisfactoria a la enorme complejidad de los seres vivos. En cambio, sí sabían explicar algunos de los mecanismos que estaban en la base de la actividad de muchos órganos. No cabe duda de que la metodología mecanicista había producido un notorio avance en el conocimiento de los procesos fisiológicos o patológicos. La expansión de esta perspectiva consiguió que la pregunta sobre la esencia de los seres vivos quedase apartada del escenario de trabajo del investigador y fuese mantenida sólo por aquellos filósofos que se interesaban por esta cuestión. No será

¹⁶⁹ Bernard, Claude. (1865): *Introduction à l'étude de la médecine*, J.B. Baillière et Fils, Libraires de L'Académie Impériale de Médecine, París. p. 102. Vers. cast. de García Barreno (2005), Crítica.

hasta comienzos del siglo XX cuando el mecanicismo se enfrenta a la complejidad de los procesos integrados que se empiezan a detectar conforme se descubre su relación. Ludwig, Bowditch, Pavlov o Loeb promovieron la creación de técnicas, equipamiento y procedimientos para escudriñar las funciones fisiológicas a partir de la separación de los elementos simples. Sólo después, una vez establecidos éstos, podían irse entendiendo los siguientes niveles jerárquicos. Pero serán las siguientes generaciones de fisiólogos —Cannon, Henderson, Haldane¹⁷⁰...— las que comprenderán que los procesos integradores necesitan una nueva perspectiva, que no una nueva metodología; una concepción materialista, pero también holista.

En cuanto al legado que conduce a Cannon, considérese que la perspectiva mecanicista dentro de la fisiología y la creación de un laboratorio para la práctica del análisis experimental fueron los elementos que se conjugaron en el Instituto de Fisiología de Leipzig fundado por Ludwig. A lo largo de este capítulo se ha mostrado cómo en el centro creado por el fisiólogo alemán se ponía en práctica una fisiología exenta de especulaciones y en firme oposición a la idea de fuerza vital. Ludwig era un mecanicista, un biólogo reduccionista. Sólo podía entender la fisiología desde un acercamiento cuantificable. Entendía que los organismos se reducen a materia en movimiento y que su estudio debe ser llevado a cabo desde los parámetros de la física y la química. Esta era su ambición y esto es lo que enseñó a todo aquel colaborador que pasó por su instituto.

Bowditch aprendió de él esta visión de la fisiología. Asimismo, comprendió que la especulación no tenía cabida en el conocimiento científico y que era tarea del investigador resolver de manera experimental los enigmas que se esconden en las actividades que desarrollan los organismos. De Ludwig heredó la metodología basada en técnicas físico-químicas. Al igual que su maestro, entendía que en la investigación hacían falta una serie de instrumentos o aparatos que permitieran un registro de datos fiable y que tales instrumentos tenían que irse desarrollando, diseñando o inventando conforme surgieran las necesidades dentro de la indagación científica. También a lo largo de este capítulo se ha podido observar la gran inventiva de ambos científicos.

¹⁷⁰ No es la primera vez que se mencionan estos nombres en el presente trabajo, pero no es casual que en esta ocasión y, a partir de ahora, se prime el protagonismo de los tres. La relación de Cannon y Henderson es muy estrecha por haber colaborado en la Universidad de Harvard, pero la relación de Haldane y Cannon también —se podrá apreciar más adelante— es altamente significativa. Especialmente, porque Haldane será uno de los fisiólogos que más soporte filosófico dará a la comprensión de este tipo de procesos integradores de los que se hace mención.

Tanto Ludwig como Bowditch crearon una serie de ingenios que fueron utilizados por sus compañeros y colaboradores en sus respectivos laboratorios. De esta forma, queda acreditado que la visión que tenía Bowditch sobre el modo de hacer fisiología es un perfecto reflejo de aquella asumida por Ludwig: “El trabajo de Bowditch exhibe muy pocas especulaciones y trata prácticamente exclusivamente con hechos”¹⁷¹.

Pero quizá la influencia más importante que tuviera Ludwig sobre Bowditch fue la referida a esa nueva didáctica implantada en Leipzig, y que sirvió para dinamizar el fenómeno de la institucionalización. Muestra de esta orientación pedagógica puede hallarse en la labor realizada en el laboratorio de Harvard donde, desde sus inicios, se procuró que fuesen los mismos estudiantes los que avanzaran en el conocimiento a través de los experimentos. Bowditch, en efecto, asignaba tareas a sus colaboradores que muchas veces concluían en descubrimientos. Al final del curso se recopilaban todos los datos y se publicaban bajo el nombre del alumno que los hubiese obtenido, pese a que éstos siempre eran supervisados por Bowditch. Una técnica de motivación que también heredó de Ludwig. Esta nueva forma de pedagogía es la que adoptó Walter B. Cannon cuando comenzó su camino como investigador en el Laboratorio de Harvard. Él es uno de los biógrafos de Bowditch, y en las páginas que le dedicó se puede apreciar una profunda admiración: “Me parece que en este laboratorio [de Harvard] contamos con una rica herencia de valiosas tradiciones e influencias, que nos han llegado de esas dos grandes fuentes [Ludwig y Bowditch].”¹⁷²

En el siguiente capítulo se analizará detalladamente la vida y la obra del científico que ocupa el lugar central de este trabajo. Por el momento, baste saber que Cannon sucedió a Bowditch como director del Laboratorio de Harvard. Es inevitable reconocer una enorme similitud entre la influencia que Bowditch tuvo sobre Cannon y la que tuvo Ludwig sobre Bowditch. Cannon comenzó la dirección de este instituto de investigación fisiológica con una didáctica experimental muy parecida a la practicada por sus antecesores. Sus colaboradores lo recordarán como un profesor entusiasta, con una gran pasión por los experimentos realizados en el laboratorio. En tiempos de Cannon, ya era habitual trabajar con aparatos y técnicas físico-químicas que cada vez se iban perfeccionando más. Las comunicaciones mejoraron igualmente, lo que ayudó a

¹⁷¹ Rosen, G. (1936), p. 622.

¹⁷² Cannon, Walter B. (1927): “The story of the Physiology Department of the Harvard Medical School”, *Harvard Medical Alumni Bulletin*, 1, p. 18.

que dichas técnicas y los aparatos empleados se generalizasen con rapidez en los distintos laboratorios. De igual modo, aumentó la literatura científica, con una gran producción de artículos que difundían los resultados que los investigadores obtenían. La idea de fuerza vital ya no es ni siquiera un eco apagado. El investigador tenía que enfrentarse a nuevos dilemas. Uno de ellos, al que atendió directamente Cannon, fue la comprensión de que la complejidad de los organismos no permitía su estudio desde una perspectiva meramente mecanicista. El legado que recibió de sus predecesores no le permitía entender la fisiología sino a través de una posición materialista, pero también sabía que el análisis reduccionista no revelaba la verdadera naturaleza de muchos de los procesos a los que se enfrentó en sus investigaciones. He aquí la razón de que terminara propugnando una perspectiva que integraba las partes que conforman el organismo en un todo.

No es posible finalizar el presente capítulo sin hacer una reflexión sobre esta cadena de aportaciones que parte de Ludwig, para seguir con Bowditch y culminar de esta forma tan peculiar en Cannon. Primero habrá que esbozar el debate epistemológico sobre la existencia de un verdadero progreso científico, frente a la idea de que la ciencia no es más que una sucesión de construcciones teóricas que funciona según cambios de paradigmas. Es Thomas S. Kuhn a quien se puede considerar el mayor defensor de esta última postura. Él entiende que el saber científico no se ha venido acumulando y apoyando en el conocimiento predecesor, frente a la idea popularmente divulgada de que la ciencia va corrigiéndose y perfeccionándose hasta llegar a lo que es hoy día: “[...] la transición sucesiva de un paradigma a otro por medio de una revolución es el patrón usual de desarrollo de una ciencia madura.” Sin embargo, la opinión de Kuhn puede ponerse en duda, al menos en lo referente al tránsito desde la fisiología mecanicista a la fisiología holista.

Ningún fisiólogo holista negaría ciertos supuestos —de hecho, los consideraría una certeza—, como que los organismos vivos “se componen de los mismos elementos químicos que se encuentran fuera del cuerpo y que la materia no se forma o desaparece dentro de él”¹⁷³. Tampoco dudaría de la necesidad de una experimentación directa que utiliza técnicas físico-químicas cuantificables. Los fisiólogos holistas sabían que los principales ataques hacia la teoría mecanicista habían sido formulados por vitalistas o

¹⁷³ Haldane, John Scott (1913): *Mechanism, Life and Personality; an Examination of the Mechanistic Theory of Life and Mind*, London, John Murray, pp. 1-2.

animistas, y ello al principio restó credibilidad al tipo de críticas que ellos mismos formularon, especialmente cuando, ya en pleno siglo XX, el vitalismo y la *Naturphilosophie* habían sido superados.

Entrado el siglo, es asumido por la comunidad científica que los procesos integradores que interactúan en coordinación dentro de los organismos muestran un grado de complejidad que no existe en el mundo inorgánico. Sin embargo, oponerse al mecanicismo parecía implicar dar un paso atrás. Muchos científicos pensaban que toda crítica significaba volver a la antigua creencia en fuerzas misteriosas como motores de la complejidad orgánica. Pero en realidad los fisiólogos holistas encaminan su crítica a otros aspectos, dando por válidos muchos de los principios existentes en el orden epistemológico abierto por los mecanicistas:

[...] a principios del siglo XIX, los médicos describieron lo que, durante siglos, había permanecido por debajo del umbral de lo visible y de lo enunciable; pero no es que ellos se pusieran de nuevo a percibir después de haber especulado durante mucho tiempo, o a escuchar más a la razón que a la imaginación, es que la relación de lo visible con lo invisible, necesaria a todo saber concreto, ha cambiado de estructura y hace aparecer bajo la mirada y en el lenguaje lo que estaba más cerca y más allá de su dominio. Entre las palabras y las cosas se ha trabado una nueva alianza, que hace ver y decir, y a veces en un discurso tan realmente “ingenuo” que parece situarse en un lugar todavía más arcaico de racionalidad, como si se tratara de un regreso a una mirada al fin matinal¹⁷⁴.

Por otro lado, la perspectiva mecanicista encontró una forma de relación con su objeto de estudio que permitió avances que de otra forma el holismo no hubiese conseguido. Más adelante se podrá explicitar la crítica que los holistas hicieron a los mecanicistas, pero lo cierto es que el holismo se apoyó en los mismos métodos de indagación de los procesos fisiológicos. La mejor forma de entender este tránsito nos la brinda la cadena de biografías que se ha expuesto a lo largo del capítulo. Para que Bowditch tuviera la idea de crear un pequeño laboratorio de investigación fisiológica en ático de la Escuela de Medicina de Harvard, fue necesario, primero, que aprendiera todo lo que un recinto de esta índole podía proporcionar. Sin las enseñanzas de Ludwig respecto al valor de la didáctica experimental, la metodología basada en la cuantificación y la utilización de técnicas físico-químicas en la investigación fisiológica, Bowditch no hubiera sido capaz de construir su laboratorio a imagen del Instituto de

¹⁷⁴ Foucault, Michel (2007): *El nacimiento de la clínica: una arqueología de la mirada médica*, Siglo XXI de España, Madrid, p. 5.

Fisiología de Leipzig. Todo lo anteriormente mencionado puede aplicarse de igual forma con referencia a Walter Cannon, quien aprendió de Bowditch esa misma metodología y posteriormente dirigió el laboratorio de Harvard.

Efectivamente, se hizo necesario un cambio de orientación programática, epistemológica, pero que en ningún caso llegó a anular por completo la tradición anterior. Claro ejemplo de ello —aspecto en el que se profundizará en el siguiente capítulo— es la trayectoria que siguió Cannon en sus estudios. Éstos se realizaron bajo una metodología mecanicista, con técnicas que registraban los movimientos del esófago, el estómago o el intestino. El título de la obra donde recogió sus resultados es indicativo al respecto: *The Mechanical Factor of Digestion*¹⁷⁵. La investigación hubiera continuado bajo un enfoque mecanicista si no hubiera surgido un enigma. Los movimientos que estudiaba el fisiólogo norteamericano se veían interrumpidos sin razón aparente. Gracias a su ingenio, percibió la influencia que la excitación emocional tenía sobre la secreción adrenal y los cambios que ella provocaba en el organismo (en primera instancia, en el proceso digestivo que estudiaba). Los resultados de esta nueva investigación aparecieron en su libro *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*¹⁷⁶, dando origen, así, a esa nueva orientación que continuará guiando subsiguientes investigaciones basadas en la complejidad de los procesos integrados. Comprendió que la mejor forma de entender estos fenómenos fisiológicos era a través de un estudio del organismo como un todo. Esta perspectiva, ya marcadamente holista, es la que finalmente le llevará a acuñar el término “homeostasis”. En la introducción de su libro *The Wisdom of the Body*, Cannon resume su trayectoria científica y cómo ésta le llevó al planteamiento de un concepto (la homeostasis) que introduce así: “En el presente volumen es muy visible otro paso en esta natural continuidad de las ideas: ocuparse principalmente de la relación del sistema nervioso autónomo con la autorregulación de los procesos fisiológicos”¹⁷⁷.

Por el momento, es suficiente con entender que la metodología mecanicista sigue presente en cada una de las investigaciones llevadas a cabo por Cannon y que es un cambio epistemológico lo que le diferencia de sus predecesores. Sin el apoyo en la

¹⁷⁵ Cannon, Walter B. (1911): *The Mechanical Factors of Digestion*, Edward. Arnold Longmans & Co., New York & London.

¹⁷⁶ Cannon, W. B. (1929): *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*, Charles T. Brandford Company, Boston.

¹⁷⁷ Cannon, Walter B. (1932): *The Wisdom of the Body*, The North Library, New York, pp. xiii-xiv.

tradición anterior es probable que Cannon no se hubiera convertido en una figura trascendental de la fisiología holista.

CAPÍTULO TERCERO.- WALTER BRADFORD CANNON: VIDA Y OBRA

Aunque no era radiólogo, aprendió a utilizar el equipo primitivo de radiografía para realizar sus tempranos estudios. Aunque no era gastroenterólogo, hizo contribuciones significativas para entender los factores mecánicos de la digestión. Aunque él no era endocrinólogo, los alertó sobre las funciones de la médula suprarrenal y su aliado el sistema simpático-adrenal en el mantenimiento de la homeostasis. Aunque no era neurólogo, clarificó el papel del hipotálamo en los estados emocionales y probó la mediación química de los impulsos nerviosos autónomos a través de la sinapsis. Aunque no era psiquiatra, con su investigación, resumida en su clásico Los Cambios del cuerpo con dolor, hambre, miedo y rabia, contribuyó al desarrollo de la medicina psicosomática moderna. Aunque no era cirujano, observó cuidadosamente la naturaleza del shock traumático y preparó el terreno para una mejor comprensión de esta emergencia ominosa. Aunque no era psicólogo, clarificó los recorridos nerviosos de las respuestas emocionales y probó el error de la teoría de James-Lange.
Bradford Cannon¹⁷⁸

3.1. La división de la fisiología de Walter Cannon.

Hay tres libros fundamentales en la obra de Walter B. Cannon: *The Mechanical Factors of Digestion*¹⁷⁹; *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*¹⁸⁰; y *The Wisdom of the Body*¹⁸¹. Entre la publicación de ellos, Cannon fue dejando registro de todas sus investigaciones en más de un par de centenas de artículos y otros cuantos libros. Sin embargo, son estos tres los que pueden servir de guía para dividir sus estudios fisiológicos en los tres períodos que aquí se sugieren: 1) *la etapa mecanicista*, donde se centra en el análisis del aparato digestivo, examinando su funcionamiento a través del estudio de las partes de que lo conforman; 2) *los primeros pasos hacia el holismo*, cuando, por un lado, descubre que en los procesos fisiológicos del tracto digestivo existe una interrelación de las partes que lo conforman más estrecha de lo que se pensaba (además de un vínculo muy cercano con otros sistemas como son el endocrino, el nervioso y el papel que desempeñan las emociones en ellos) y, por otro, examina la compleja actividad fisiológica que aparece en el momento en que un paciente entra en estado de shock; 3) *la etapa holista*, en la que el análisis fisiológico, según sostiene Cannon, sólo puede ser entendido bajo un principio teleológico, en el que todos los

¹⁷⁸ Cannon, Bradford (1982): "Walter Bradford Cannon: Reflections on the man and his contributions", *Gastrointestinal Radiology*, 7 (1): p. 4.

¹⁷⁹ Cannon, Walter B. (1911): *The Mechanical Factors of Digestion*, Edward Arnold, London.

¹⁸⁰ Cannon, Walter B. (1915): *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: an account of recent researches into the function of emotional excitement*, Appleton, New York.

¹⁸¹ Cannon, Walter B. (1932): *The Wisdom of the Body*, The North Library, New York.

procesos que suceden en el cuerpo tienen una finalidad, y otro holista, pues tales procesos están interrelacionados unos con otros. Es aquí donde plantea su concepto de homeostasis que expresa a través del recurso literario de “la sabiduría del cuerpo”, como si dichos procesos homeostáticos fuesen parte de un diseño organizado con sabiduría¹⁸².

En el presente capítulo se hablará de la vida y obra de Walter Cannon, poniendo especial atención en las tres etapas mencionadas. Para ello, se hará un repaso de su vida, pero evitando caer en una prolija sucesión de datos biográficos que difícilmente podrían superar a los ya aportados por Wolfe, Barger y Beninson. En cambio, hemos ahondado en el camino que lleva a este fisiólogo norteamericano hasta la Universidad de Harvard, donde después de graduarse como médico (1900) conseguiría ser el director del Departamento de Fisiología y por tanto de su Laboratorio. En este recinto llevó a cabo la mayor parte de su labor investigadora, y es justamente el resultado de estos estudios lo que se describirá a lo largo del presente capítulo. Se pretende ir analizando las aportaciones fisiológicas que Cannon realizó durante las tres etapas de su obra y conseguir una síntesis de los puntos más sobresalientes de sus resultados.

Al contrario de lo que se pueda creer, cuando se estudia retrospectivamente la obra del fisiólogo americano, se comprueba que sus investigaciones obedecieron a una concatenación de situaciones fortuitas¹⁸³. Esto se puede apreciar desde el comienzo, cuando se le asigna un proyecto (la investigación del canal digestivo con rayos X) que asumió, como estudiante comprometido, sin saber si sería de su interés o no. Una casualidad que marcó su camino, pero no la única. El papel del azar se fue confirmando a lo largo de sus estudios cuando surgieron enigmas que le llevaron a variar sus investigaciones para, poco a poco, dejar atrás la fisiología mecanicista y subir los eslabones jerárquicos —explorando los procesos desde una perspectiva holista—: “Hay algunos que saltan de un tema a otro a medida que se entusiasman por descubrimientos prometedores hechos en otras partes. A esto podría llamarse seguir la moda científica.

¹⁸² Cannon era una persona religiosa, pero no dejaba que su fe interviniera en su trabajo científico. Siempre se ciñó a las evidencias resultantes de sus experimentos y no especulaba gratuitamente. Se limitaba a plantear hipótesis que sólo asumía en función de su constatación experimental. No obstante, en la etapa más madura de su trabajo fisiológico le comenzó a preocupar la cuestión teleológica. En el último capítulo de este trabajo se hablará en profundidad de ese aspecto de su epistemología. De momento sólo adelantaremos que la teleología que defiende estaría lejos de las fuerzas imponderables más relacionadas con el idealismo o el vitalismo; la base desde la que sostuvo sus ideas siempre fue materialista.

¹⁸³ O como él mismo dice en su autobiografía: debidos a la *serendipia* (Cannon, Walter B. (1965): *The way of an investigator; a scientist's experiences in medical research*, Hafner Publishing Company, New York and London, pp. 68-72).

Otros avanzan paso a paso, a medida que las observaciones que han hecho les sugieren otras cosas que deberían hacerse. Mi experiencia ejemplifica notablemente más el hábito de este último grupo”¹⁸⁴.

A través del estudio de la obra de Cannon se intenta cumplir con el objetivo de arrojar un poco más de luz en la idea que plantea Garland E. Allen, según la cual el enfoque integrador de los problemas fisiológicos comenzó a imponerse a partir de la década de 1920, pero sobre todo se quiere justificar que “este cambio fue algo más que la sustitución de una teoría más sencilla por otra de mayor complejidad. Fue el reemplazo de una filosofía de los fenómenos biológicos por otra: la sustitución del materialismo mecanicista por el materialismo holístico”¹⁸⁵. Aunque se considera que Allen está en lo correcto, la forma en que lo expresó podría llevar a pensar que ha existido un cambio paradigmático en el que fisiólogos de la corriente mecanicista y la holista se encuentran bajo terrenos epistemológicos tan distintos que podrían considerarse irreconciliables. Desde la perspectiva de nuestro análisis, se intentará mostrar que la carrera de Cannon como investigador ejemplifica una alternativa a este postulado. Cannon comenzó sus investigaciones siendo un fisiólogo mecanicista. A lo largo de este capítulo se profundizará en esta idea cuando se analicen sus estudios sobre el canal digestivo, que cumple con las características tanto metodológicas como epistemológicas propias del materialismo mecanicista. Además, ya se ha mencionado en el capítulo anterior que Cannon había heredado la metodología experimental y la perspectiva mecanicista propias de Bowditch, quien, a su vez, las había recibido de Ludwig. Será a partir de un examen del legado fisiológico de Cannon como se intentará justificar que fue un camino prácticamente natural, aunque fortuito, el que le llevó a descubrir procesos complejos que no podían analizarse a partir de una concepción meramente mecanicista. Este paso no es de ninguna manera un cambio paradigmático kuhniano, sino algo gradual en su pensamiento. Más adelante se mostrará que también Allen estaba en lo cierto en cuanto al soporte que brindan en esta década obras filosóficas (en especial Allen apunta a las de Whitehead) y que efectivamente guardan sintonía con los estudios de Cannon. Incluso, como se verá, también son muy afines las obras de Henderson o Haldane —por mencionar dos figuras cercanas a él— que forman parte de su contexto. Pero, por otro lado, es probable que hubiera satisfecho lo esencial

¹⁸⁴ Cannon, Walter B. (1965), pp. 91-92.

¹⁸⁵ Allen, G.E. (1983): *La ciencia en la vida en el siglo XX*, Fondo de Cultura Económica, México, p. 228.

de su obra, tal como la conocemos, sin su influencia. De hecho, los respectivos trabajos de estos fisiólogos y filósofos son independientes unos de otros, aspecto éste que refuta el punto de vista que defiende Allen sobre las influencias internas y externas que actuaron sobre fisiólogos como Cannon. Una idea que Allen sintetiza diciendo que “la variedad de formas en las que el ‘holismo’ biológico fue creciendo a comienzos del siglo XIX no fue sólo una respuesta al mecanicismo de Roux, Loeb u otros, sino que también fue una reacción a la fragmentación cultural asociada al pensamiento moderno (especialmente al Darwinismo), la Primera Guerra Mundial, la urbanización e industrialización y la creciente mecanización de la vida cotidiana [...]”¹⁸⁶. Allen pretende mostrar la influencia que han tenido diferentes procesos históricos y polémicas filosóficas en los trabajos de estos investigadores. Sin embargo, parece más certero el juicio de June Goodfield, expuesto en el primer capítulo de este trabajo, quien muestra que semejantes debates son sólo ecos que apenas llegan a los laboratorios de fisiología¹⁸⁷.

3.2. El camino hacia Harvard

Walter Bradford Cannon nació en Prairie du Chein, Wisconsin, en 1871. En dicho pueblo se habían llevado a cabo las primeras investigaciones fisiológicas, a través de una de las pocas figuras sobresalientes de la fisiología en Estados Unidos durante el siglo XIX: William Beaumont. El propio Cannon lo menciona en su autobiografía: “Mi interés por la historia de este pueblo se incrementó años después cuando me enteré de que en él se encontraba el Fuerte Crawford, donde en 1820 el cirujano del ejército americano, William Beaumont, ‘el fisiólogo tosco’ como lo conocía Osler¹⁸⁸, hizo sus clásicas observaciones sobre la digestión”¹⁸⁹.

Walter Bradford Cannon fue hijo de Colbert Hanchett Cannon y Sarah Wilma Denio. De su padre, un superintendente de transporte de los Ferrocarriles del Norte (*Great Northern Railroad*), probablemente obtuvo la habilidad manual que más

¹⁸⁶ Allen, G.E. (2005): “Mechanism, Vitalism and Organicism in Late Nineteenth and Twentieth-Century Biology: The Importance of Historical Context”, *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, vol. 36, issue 2, p. 275.

¹⁸⁷ Ver página 18.

¹⁸⁸ William Osler (1849-1919) fue un médico canadiense y uno de los profesores fundadores del Hospital Johns Hopkins.

¹⁸⁹ Cannon, Walter B. (1965), p. 14.

adelante le serviría en sus experimentos de fisiología. Una de las peculiaridades que Cannon recuerda de su padre es que no le permitió nunca tener un juguete que ya estuviera hecho, pues desde pequeño le incentivó para que los construyera él mismo y algunas veces se sentó con él con la intención de explicarle detalladamente el uso de los utensilios de construcción. Después de algunas indicaciones, le permitió emplear con libertad la “excelente caja de herramientas”¹⁹⁰ de carpintero que tenían en casa. Ese es uno de los recuerdos más placenteros que Cannon mantuvo de su padre: los largos periodos que pasaron juntos dedicados a estos menesteres. Sin embargo, el legado que le ofreció durante esos momentos de ocio fue mucho más significativo, ya que estimuló destrezas que no sólo le ayudaron en su vida personal con las “chapuzas”¹⁹¹ caseras, sino en el diseño y construcción de aparatos que usó en el laboratorio. A los diez años de edad perdió a su madre de una neumonía, dejando en él un “recuerdo sagrado y obsesivo”¹⁹², cuando ella le pidió en su lecho de muerte: “Walter, sé bueno para el mundo”¹⁹³. Un suceso que probablemente le marcó y promovió su tenacidad.

Cursó estudios primarios en Milwaukee y St. Paul, y secundarios en St. Paul. Sus estudios primarios quedaron interrumpidos durante dos años debido a que su padre consideraba que Walter no les dedicaba el esfuerzo suficiente. En ese lapso de tiempo le llevó a trabajar con él en Ferrocarriles del Norte. Cuando volvió a la escuela, después de haber trabajado en la oficina de trenes, dedicó parte de su tiempo a la lectura de la literatura científica que estaba a su alcance. “La lectura de los controvertidos artículos de Huxley suscitó en mí un interés por sus ensayos y también por los escritos de Tyndall, Lewes, Clifford y de otros cuyos artículos y libros sobre temas científicos fueron publicados en aquella época.”¹⁹⁴, un hecho que le llevó a renunciar a su religión calvinista y que le brindó un creciente interés por la ciencia. Muy probablemente la experiencia laboral le hizo apreciar más sus estudios y al volver al colegio se convirtió en un alumno sobresaliente:

Cannon terminó el curso general de cuatro años del Instituto de St. Paul en tres. En su año “senior” ya se había ganado con facilidad un lugar entre los mejores alumnos de su

¹⁹⁰ Cannon, Walter B. (1965), pp. 14-15.

¹⁹¹ Cannon, Walter B. (1965), p. 15.

¹⁹² *Ibid.*

¹⁹³ *Ibid.*

¹⁹⁴ Cannon, Walter B. (1965), p. 16.

clase. De hecho, para el director y algunos otros dentro del instituto él era probablemente el mejor alumno de la escuela¹⁹⁵.

Estas cualidades académicas atrajeron la atención de una de sus profesoras, Mary Jeannette Newson, quien procuró motivarle y apoyarle para obtener una plaza en la Universidad de Harvard, con la intención de que se matriculara en la carrera de Medicina. Sin embargo, y contrariamente a lo que se piensa, no fue una idea original de la profesora Newson el que Cannon intentara entrar a estudiar en Harvard. La idea provino de un alumno de esta universidad que conoció casualmente. Fue éste quien le informó de las ventajas que se obtenían al poder estudiar en una institución de ese calibre. El mérito de Newson fue el de alentarle a tomar en serio el consejo del chico; y ella fue quien en la práctica le ayudó a hacerse un lugar en la mencionada universidad, especialmente a partir de la correspondencia que mantuvieron, en la que Cannon le contaba sus dificultades y ella le animaba a seguir adelante.

Cannon decidió intentar inscribirse en Harvard e hizo las respectivas pruebas de admisión. Ese verano, durante el período de espera para obtener los resultados de los exámenes, entró a trabajar nuevamente en Ferrocarriles del Norte como ayudante del pagador general de la empresa. No fue un trabajo difícil y además le brindó la oportunidad de conocer los grandes valles del norte (Montana, Idaho, o las cataratas Spokane en Washington). Al final del verano recibió la esperada confirmación de que cumpliría su mayor anhelo: “El final del trabajo de Cannon en Ferrocarriles del Norte en pleno verano trajo consigo buenas noticias: un telegrama que anunciaba que había aprobado sus pruebas de acceso”¹⁹⁶.

La ayuda económica de su padre en los estudios se redujo a 180 dólares, así que con ese dinero partió hacia Boston. Antes de irse se despidió de Mary Newson, a quien, como escribió en su diario, no volvería a ver. La sensación de Cannon al entrar en Harvard debió de ser muy placentera, aunque en ese momento un velo de nostalgia por dejar a su familia y a sus amigos, especialmente a la profesora Mary Newson, se puede apreciar en estas líneas: “Estaba dejando a mi mejor amiga, quien me ayudó e incentivó cuando me sentía débil, sacando lo bueno de mi carácter cuando lo negativo estaba a punto de conquistarme. Nunca podré pagarle. Me dijo cuando me iba que si alguna vez

¹⁹⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987): *Walter B. Cannon: The Life and Times of a Young Scientist*, The Belknap Press of Harvard University Press, Estados Unidos, p. 15.

¹⁹⁶ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 20.

sentía que mi vida era un error, recordara que alguien en St. Paul nunca pensaría eso”¹⁹⁷. No tenía ni 21 años cuando partió rumbo a Harvard, siendo la primera vez que se encontraba fuera del entorno familiar. Quizá por esta razón “la necesidad de comportarse bien a todas horas se volvió la condición *sine qua non* de la existencia de Cannon”¹⁹⁸.

El primer año de estudios lo acometió con éxito. Al margen de un notable en alemán intermedio, obtuvo sobresaliente en todas sus asignaturas. Con esto pudo renovar su beca de estudios. Lo mismo pasó en los siguientes cursos, y cuando terminó su cuarto año, quiso especializarse en medicina. Probó en la John Hopkins Medical School, pero no le garantizaban ayuda financiera, así que siguió el consejo postal de Mary Newson que le animó a permanecer en Harvard. Así pues, decidió entrar en la Escuela de Medicina de dicha universidad. Más adelante, en 1896, se le otorgó el reconocimiento de graduado *summa cum laude*, que era la distinción más alta que se daba por haber obtenido en quince asignaturas la nota de sobresaliente. El total de sobresalientes que obtuvo en realidad fue de veinticuatro.

Desde su primer año en la Escuela de Medicina se sintió muy atraído por las ciencias básicas, especialmente por la fisiología. Esta curiosidad le llevó a trabajar, en 1896, en el laboratorio dirigido por Bowditch. Por tanto, siendo aún estudiante de medicina, comenzó su labor investigadora¹⁹⁹. La primera tarea que le encomendó Bowditch, como se ha señalado varias veces, consistió en analizar los movimientos del tubo digestivo con la máquina de rayos X que había sido adquirida poco antes de la incorporación de Cannon, y tan sólo un año después de que Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) hubiera descubierto este tipo de rayos. Uno de los aspectos más notables de la carrera del joven investigador fue la determinación que mostró desde el comienzo de sus estudios. No habían transcurrido dos años desde su entrada en el laboratorio, en 1898, cuando publicó dos trabajos en el primer volumen del *American Journal of Physiology*. En el número correspondiente al mes de mayo aparece un extenso artículo, cuya síntesis ya había sido publicada tres meses antes en el *Boston Medical and*

¹⁹⁷ *Ibid.*

¹⁹⁸ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 23.

¹⁹⁹ No todo fue tan sencillo. De hecho, la primera experiencia que tuvo cuando pisó por primera vez el laboratorio no fue muy agradable. Cannon cuenta: “Me encontré con Frank Foley, el chico del laboratorio, quien me informó de que ningún estudiante era admitido, así que era mejor que me fuese. Aunque se equivocaba, la forma en la que me lo dijo me convenció para irme”. Cannon, Walter B. (1927): “The story of the Physiology Department of the Harvard Medical School”, *Harvard Medical Alumni Bulletin*, 1, p. 12.

*Surgical Journal*²⁰⁰; y en el número del mes de julio se publicó un trabajo en coautoría con Albert Moser²⁰¹. Todo ello consolidó su vocación investigadora, en la que Bowditch tuvo gran influencia.

Desde 1883 Bowditch era decano de la Escuela Médica y Director del departamento de Fisiología (incluyendo el laboratorio), pero en 1893, debido a la gran carga de trabajo que tenía, dimitió del decanato de la Escuela, plaza que fue cubierta finalmente por William Lambert Richardson (1842-1932). Asimismo, consiguió que dotaran una plaza de profesor asistente, que cubrió al principio William H. Howell (1860-1945) durante un año, y que después fue asignada a William Townsend Porter (1862-1949), quien apoyó a Bowditch de forma sustancial en la dirección del Departamento de Fisiología y las investigaciones llevadas a cabo en el laboratorio. Aunque más adelante estas dos figuras tuvieron diferencias sobre aspectos administrativos, ambos estuvieron siempre de acuerdo en un aspecto: apoyar la carrera de Cannon. Bowditch escribió al rector de Harvard, Charles W. Elliot:

Sería muy desafortunado perder sus servicios y no conozco a nadie que pudiera reemplazarlo [...] Podrá recordar lo fácil que le fue al Dr. Mathews encontrar un puesto en Chicago cuando le dejamos ir, y el Dr. Cannon, aunque sea menos brillante, es, en mi opinión, alguien con mayor inclinación a la instrucción y un hombre más valioso que el doctor Mathews.²⁰²

Su petición no cayó en saco roto. Cuando en 1900 Cannon se graduó, comenzó a formar parte del equipo académico de la Facultad de Medicina, al comienzo como instructor de fisiología y desde 1902 como profesor asistente. Entre tanto, en 1901, contrajo matrimonio con Cornelia James, alumna del Instituto Radcliffe y anteriormente compañera de Cannon en el colegio de St. Paul (más tarde se convirtió en escritora especializada en literatura infantil), con quien compartió toda su vida y tuvo cinco hijos: Wilma, Linda, Marian, Helen y un varón, Bradford.

La carrera de Cannon en Harvard se consolidó con cierta rapidez. En Abril de 1907, el decano William L. Richardson de la Escuela de Medicina decidió retirarse. Esto llevó al rector Charles W. Eliot a sopesar nuevas candidaturas. Pensó en gente

²⁰⁰ Cannon, Walter B. (1898): "The Movements of the Stomach Studied by Means of the Röntgen Rays", *American Journal of Physiology*, 1(May), 359-382.

²⁰¹ Cannon, Walter B; Moser, A. (1998): "The Movements of the Food in the Oesophagus", *American Journal of Physiology*, 1(Jul), 435-444.

²⁰² Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), pp. 94-95.

joven y después de descartar las primeras opciones, Eliot tenía en mente a Henry Asbury Christian (1876-1951) y a Cannon, por lo que pidió consejo a sus más allegados. Por ejemplo, a Theobal Smith²⁰³: “Viendo la lista de la facultad, no veo de dónde va a venir el decano ideal. Creo que los dos, tanto el Dr. Cannon como el Dr. Christian, podrían ejercer como buenos decanos, aunque debo, en cualquier caso, admitir mi preferencia por el Dr. Cannon”²⁰⁴. En medio de este sondeo, Eliot también consultó a Bowditch, quien basándose en su propia experiencia como decano y recordando cómo esta actividad lo apartó de su investigación científica, sugirió a Eliot que no escogiera a Cannon para el decanato de la Escuela:

El Dr. Cannon tiene, en un grado poco común, las cualidades que señalan a un hombre para el puesto de director de un laboratorio de ciencia experimental y, bajo esta capacidad, está ahora envuelto en cuerpo y alma en una línea de investigaciones que prometen resultados sobresalientes. Si se le ofreciera asumir más responsabilidades como decano, seguramente haría un trabajo muy bueno, pero esto significaría que tendría que dedicar mucho menos energía a sus investigaciones. Me parece un error renunciar al trabajo al que un hombre se adecua particularmente bien por naturaleza y educación, a cambio de un trabajo en el que no se requiere ese entrenamiento tan específico [...] creo que es más fácil encontrar a un buen decano, que a un buen director de un laboratorio de investigación²⁰⁵

Pese al consejo de Bowditch, Charles Eliot decidió ofrecerle el decanato a Cannon. Sin embargo, éste, de forma muy educada pero firme, lo rechazó. Fue finalmente el Dr. Christian quien obtuvo el puesto de decano de la Escuela de Medicina. Pero Cannon también consiguió dos cosas en 1906. Ya era muy grande el deterioro debido al Parkinson que asolaba a Bowditch entonces, y decidió dejar definitivamente la docencia. En consecuencia se le ofreció al joven fisiólogo ser su sucesor en la cátedra George Higginson de Fisiología²⁰⁶ y que se hiciera cargo de la dirección del Departamento de Fisiología, y por ende, del laboratorio; puestos que Cannon gustosamente aceptó. Estos cargos los ocupó desde 1906 hasta 1942, cuando se retiró.

²⁰³ Theobal Smith (1859-1934) fue un epidemiólogo y patólogo a quien el mismo rector de Harvard, Charles Eliot, invitó a formar parte de la Escuela de Medicina, creando la cátedra “George Fabyan” de Patología Comparada.

²⁰⁴ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 129.

²⁰⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 130.

²⁰⁶ En 1902 los hijos de George Higginson ofrecen la dotación económica (3.000.000 \$) para la creación de la Cátedra de Fisiología en reconocimiento al trabajo y esfuerzo de Bowditch en favor de la Escuela de Medicina de Harvard.

3.3. La etapa mecanicista

En 1911 se publica el segundo libro²⁰⁷ de Cannon titulado *The Mechanical Factors of Digestion*²⁰⁸, donde el propio autor, en su prefacio, expresa que es el resumen de sus primeros diez años de investigación: “Mientras se describen estos estudios, también se documenta el trabajo de otros investigadores, y aunque la exposición de este tema no pretende ser enciclopédica, el conjunto presenta un informe de las actividades mecánicas del conducto alimenticio tal como se conocen y entienden en la actualidad”²⁰⁹. No obstante, los resultados que demostraron la importancia de los movimientos peristálticos fueron publicándose conforme estos estudios experimentales iban aportando luz al respecto. Los dos primeros que captaron la atención de la comunidad médica son los mencionados unas páginas atrás y publicados en el *American Journal of Physiology*. Pero dado que el texto final es el que compendia esta etapa mecanicista de Cannon, será del libro *The Mechanical Factors of Digestion* de donde partiremos para mostrar sus aportaciones.

Como se ha explicado más arriba, la primera etapa de investigación fisiológica que realiza comienza en su época de estudiante. Es curioso que las investigaciones de Cannon, vistas retrospectivamente, parecen tener un hilo conductor y haber sido planificadas desde el comienzo. Lo cierto es que comenzaron por azar y a medida que fueron sucediéndose los descubrimientos (muchos de ellos imprevistos) se abrieron nuevas líneas de investigación en las que se sumergió. A su vez, es pertinente comentar que comienza su vida de investigador estudiando los movimientos del tubo digestivo, pero si se acercó a este tema, no fue precisamente por un interés definido sino fortuitamente, como se verá a continuación.

²⁰⁷ El primero, publicado un año antes, fue: Cannon, Walter B. (1910): *A Laboratory Course in Physiology*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. En él se plasman algunas de las ideas pedagógicas que Cannon sugirió ya siendo un estudiante. En el último capítulo de este trabajo se hablará de ello.

²⁰⁸ Alrededor de 1909, Leonard Hill (1866-1952), un fisiólogo inglés, propuso a Cannon preparar un libro sobre los factores mecánicos que intervienen en la digestión. La idea era escribir un primer volumen con una serie de monografías que se publicarían en una editorial inglesa, organizado por Edward Arnold, un editor londinense. Cannon aceptó encantado esta invitación y la vio como un reconocimiento a sus esfuerzos en las investigaciones que había realizado al respecto. En unos cuantos meses escribió un primer borrador con once capítulos. Por la rapidez con que lo hizo es lógico suponer que sólo se trataba de una síntesis de sus investigaciones (publicadas en más de una veintena de artículos).

²⁰⁹ Cannon, Walter B. (1911), p. V.

3.3.1. Estudios fisiológicos sobre la motilidad digestiva

El 16 de octubre de 1896 se celebró el 50 aniversario del descubrimiento de los efectos del éter en el Hospital General de Massachusetts (a partir de entonces sería conocido como el Día del Éter, al conmemorarse el descubrimiento de las propiedades de dicha sustancia como un gran avance para la cirugía y los hospitales). Ese día en particular, Walter Dodd, el jefe farmacéutico del hospital, impartió una charla sobre el uso del aparato de rayos-Röntgen (nombre con el que todavía eran conocidos los rayos X) y que recientemente había sido adquirido por la Escuela de Medicina. Por otro lado, en aquella época las clases eran especialmente teóricas y el deseo de los alumnos por participar en las investigaciones prácticas era pequeño. Siguiendo esta costumbre, no se permitía a los estudiantes en general, y mucho menos a los de primer curso, pasar mucho tiempo en las salas de disección o en el laboratorio de fisiología. Sin embargo, Cannon se hizo amigo de un estudiante de segundo año llamado Albert Moser, con quien consideró la idea de que su trabajo universitario iba a ser más fructífero si se dedicaban a realizar alguna investigación independiente. Ambos pidieron consejo a Bowditch. Afortunadamente para ellos, en aquel tiempo estaban pensando en cómo sacar mejor provecho al mencionado aparato de rayos-X. “[Bowditch] les sugirió que usasen los rayos y un medio de contraste opaco para probar el concepto de deglución que sus amigos Hugo Kronecker y Samuel Meltzer habían desarrollado 16 años antes”²¹⁰. El concepto sugería que la presión ocasionada por los músculos de la boca durante el acto de tragar era suficiente para forzar a los líquidos y semisólidos a llegar al estómago sin tener que ayudarse de la acción peristáltica (movimiento de contracción y relajación que realiza el esófago y que se descubrió como verdadero causante del avance del bolo alimenticio):

De hecho, Meltzer ha mostrado recientemente que incluso cuando se extirpa toda la musculatura del esófago cervical de un perro, después el animal es capaz de beber leche y agua de manera casi normal, aunque se le coloque el plato en el suelo y el fluido tenga que ser forzado hacia el esófago torácico en contra de la gravedad. Si la función de tragar puede realizarse a través de la presión que ejerce la boca, la siguiente onda peristáltica es usada sólo para recoger cualquier fragmento que con la avalancha de alimentos se haya adherido a la pared del esófago, y así llevar esta pequeña carga al estómago.²¹¹

²¹⁰ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 52.

²¹¹ Cannon, Walter B. (1911), pp. 13-14.

Bowditch pidió a su amigo Ernest Amory Codman, cirujano en el Hospital General de Massachusetts, quien ya estaba usando el aparato de rayos-X en su trabajo clínico, que instruyera a los dos jóvenes estudiantes. El día en el que se probó el aparato en la investigación de la deglución, Albert Moser no estuvo presente. Por esta razón, fueron Cannon y Codman los que realizaron el primer experimento. Pero a partir de ese momento, y desde diciembre de 1896, tanto Cannon como Moser comenzaron observaciones fluoroscópicas (gracias a unas cápsulas que contenían subnitrito de bismuto que eran introducidas en el alimento) de la deglución de alimentos de un ganso (y más tarde de otros animales):

Con el objetivo de estudiar el rango de movimiento de los sólidos, semisólidos y líquidos en un esófago normal, el Sr. A. Moser y yo realizamos, en otoño de 1897, observaciones en varios animales a través de rayos X. De este modo se administraba la anestesia, y para que no existiera interferencia operativa, se colocaba la comida directamente en la garganta; y poco después, el animal podría tragar su comida bajo condiciones naturales.

Las observaciones las hicimos en el largo cuello de un ganso, en un gato, un caballo y un hombre.²¹²

Los resultados o conclusiones preliminares indicaban que el descenso de la comida dependía de la consistencia del alimento. Más rápido para los líquidos y más lento, y asistido por un movimiento regular producido por el esfínter del cardias o gastroesofágico, para el alimento sólido o semisólido. En cualquier caso, la idea de la intervención de la gravedad como principal causante del descenso de la comida hacia el estómago fue completamente desestimada por estos estudios:

Tenemos que concluir que el acto de tragar varía en diferentes animales y con diferentes consistencias de comida. En varios mamíferos estudiados con los rayos-X, los sólidos y la comida blanda descendían invariablemente gracias al peristaltismo, en el caballo y en el hombre, los líquidos bajaban al esófago por una contracción rápida de los músculos de la boca, e incluso en el perro y el gato, los líquidos descendían más rápido que las masas más viscosas.²¹³

²¹² Cannon, Walter B. (1911), p. 15.

²¹³ Cannon, Walter B. (1911), p. 19.

Las investigaciones de Cannon sobre los movimientos del estómago durante la digestión también dieron resultados interesantes. Dado que “además de ser un receptáculo para la comida ingerida, el estómago es de donde parten importantes fases de la digestión”²¹⁴, Cannon concluyó que el estómago estaba compuesto por dos distintas partes desde el punto de vista fisiológico: un fundus donde se guardan ciertas reservas de azúcar y almidón, que más adelante serán digeridas, y una región pilórica donde tiene lugar la mayor parte de la actividad digestiva:

El fundus se separa del resto de la porción del cardias por una línea imaginaria que cruza el estómago desde el orificio del cardias²¹⁵ hasta el extremo opuesto en la curvatura más grande. [...] Esta porción del cardias que se encuentra entre el fundus y la incisura angular (que él²¹⁶ llamó el “cuerpo” del estómago) tiene, cuando está lleno, la forma de embudo.²¹⁷

La división del estómago en dos partes explica dos funciones del estómago, una muy activa en la parte izquierda (la más cercana al píloro), que es donde se mezclan fuertemente los alimentos para pasar al intestino, y otra en la derecha (la más cercana al cardias), que almacena los alimentos y donde los movimientos peristálticos son más suaves. Después Cannon explicó el funcionamiento del píloro, que consideraba fundamental dentro del proceso digestivo. El píloro es un esfínter que se abre y cierra para permitir el paso del alimento digerido en el estómago hacia el duodeno y seguir su curso por el intestino delgado y grueso. Entonces se tenía la creencia de que el estómago era simplemente un depósito pasivo de los alimentos, que actuaba por la influencia de la fuerza de gravedad. Al hacer en él un estoma, podía permitir el drenaje de los alimentos y así evitar la irritación del píloro tanto por la comida como por los jugos gástricos. No obstante, Cannon mostró que aunque se abra un estoma en el estómago (en el área del píloro), para que la comida pueda salir por él en lugar de seguir el camino hacia el intestino, el quimo sigue el curso natural hacia el duodeno, pese a que la presión sea menor en el estoma. Incluso en un experimento en el que cerraba con sutura la abertura del píloro para impedir que el quimo llegara al intestino, se descubrió que pese a que parte de éste salía por el estoma, otro tanto

²¹⁴ Cannon, Walter B. (1911), p. 45.

²¹⁵ Orificio superior del estómago que comunica con el esófago.

²¹⁶ La descripción citada por Cannon es Cunningham, D.J. (1903): *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, vol. XLV, part i.

²¹⁷ Cannon, Walter B. (1911), p. 46.

conseguía acceder al duodeno. En la autopsia del animal se observó una pequeña abertura de 0-3 centímetros en la sutura del píloro, por lo que era patente que pese a las dificultades de paso por esta zona, el quimo intentaba seguir su curso natural. “[...] no hay duda, por la larga evidencia arriba citada, de que en los animales de experimentación la salida natural de alimentos se hace por el píloro, antes que por una salida artificial, cuando las dos opciones son posibles.”²¹⁸

En su libro compiló distintos experimentos, además de los que él y su equipo realizaron, sobre el funcionamiento de píloro. Cannon se dio cuenta de que, dependiendo del tipo de sustancia que se ingiriera, se producía un letargo o un aumento en la peristalsis y en la abertura de píloro para dejar pasar el quimo hacia el duodeno. Antes se había creído que, tratándose de carbohidratos, los movimientos peristálticos eran más rápidos en su paso hacia el duodeno, seguidos en duración por las proteínas y por las grasas, con las que la presión disminuye manteniéndose más tiempo en el estómago antes de darles paso al intestino. No obstante, Cannon observó que el retraso de la peristalsis depende de la acidez del estómago: “[...] cuando la acidez es alta se abre y cuando es baja se cierra la abertura del píloro”²¹⁹. La parte pilórica detecta esta acidez prolongando el acceso al duodeno: “Aunque en nuestros experimentos no hemos encontrado un efecto tan pronunciado, sí que hallamos que la hiperacidez causa un retraso en el paso de la comida por el estómago, como resultado de las razones antes mencionadas.”²²⁰

3.3.2. Primeros enigmas

Como ya se ha dicho, el libro *The Mechanical Factors of Digestion* es una descripción de toda la literatura que se tenía hasta entonces sobre el tema, que además corregía y aportaba nuevos conocimientos a partir de las propias observaciones de Cannon. El libro estudia el aparato digestivo por completo y, capítulo a capítulo, va examinando las distintas partes. La que dedica al intestino delgado muestra que los movimientos son mucho más complejos que los del estómago. En primer lugar, el alimento se divide en partes en el duodeno para formar lo que Cannon llamó “segmentación rítmica”; y es

²¹⁸ Cannon, Walter B. (1911), p. 78.

²¹⁹ Cannon, Walter B. (1911), p. 128.

²²⁰ Cannon, Walter B. (1911), p. 120.

en este órgano donde realmente se da la absorción de los alimentos en una mezcla de secreciones que fluyen del hígado y del páncreas. A su vez, desmintió la antigua idea de que los movimientos del intestino delgado se detienen mientras un animal duerme. También examinó el intestino grueso, que igualmente mostró ser complejo. Cuando el alimento llega al ciego y asciende hacia el colon, el primer movimiento que surge es antiperistáltico, cuya causa, explicó, se debe a que el alimento vuelve hacia la válvula ileocecal en distintas oleadas con el fin de conseguir una última absorción.

A partir de 1906, y gracias a la ayuda del cirujano Fred T. Murphy, Cannon empezó a desarrollar y utilizar cada vez más las técnicas de cirugía en sus estudios sobre la digestión. Ello le permitía manipular los órganos de los animales con los que experimentaba y así observar mejor el movimiento del aparato digestivo con la ayuda de los rayos X²²¹. “[...] esto extendió su perspectiva del funcionamiento del sistema digestivo como un todo, con lo que empezó a ver más claramente la interrelación de las diferentes partes del canal digestivo.”²²² Experimentaron con distintas técnicas de anastomosis²²³ en el intestino grueso y delgado y esto posibilitó ver cuál de ellas era la más adecuada para permitir el paso normal de la comida, una vez que el órgano estaba recuperado. Sin embargo, lo más asombroso fue descubrir que el píloro no se abría permitiendo que la comida siguiera su curso hasta que hubiese pasado un tiempo considerable y que la parte suturada se hubiese recuperado. Este enigma, junto con el de la parálisis en los movimientos del canal digestivo causado por las emociones, que se explicará a continuación, fue lo que llevó a Cannon a comenzar a concebir un sistema digestivo teleológico²²⁴ en el que cada parte estaba interrelacionada. Más adelante, en una siguiente etapa, centró su atención en la relación del tracto digestivo con el sistema nervioso autónomo y las glándulas suprarrenales, pero de esto se hablará con más detenimiento en el siguiente apartado, aunque es importante resaltar que ya en estos años comenzó su acercamiento a problemas que le llevarían a una

²²¹ Cannon, Walter B. (1906): “Recent advances in the physiology of the digestive organs bearing on medicine and surgery”, *American Journal of Medical Sciences*, 131, pp. 563-578; y en Cannon, Walter B., & Murphy, F.T. (1906): “The Movements of the Stomach and intestines in Some Surgical Conditions”, *Annals of Surgery*, XLIII, pp. 513-536.

²²² Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 158.

²²³ Técnica quirúrgica de unión de unos elementos anatómicos con otros del mismo órgano cuando una parte ha sido sometida a una extirpación o resección.

²²⁴ La teleología en las teorías de Cannon es un tema de primer orden. Sin embargo, en este capítulo sólo se irán mencionando en aquellos aspectos de los estudios fisiológicos que realizó, donde es más evidente su aparición. Será en el quinto capítulo donde se presentará su concepción de la teleología en los procesos fisiológicos.

interpretación de carácter holista y teleológica. Con el propósito de encontrar la causa de los movimientos peristálticos en el sistema nervioso, separó el tejido conectivo submucoso del plexo de Auerbach, pues consideraba que era el sistema nervioso autónomo la causa de tales movimientos. Sin embargo, para su sorpresa, encontró lo siguiente: “Llegamos a cortar seis anillos entre el fin del cardias del estómago y el píloro, y después de tres semanas las ondas pasaban con perfecta regularidad, como en un estómago normal”²²⁵. De esto se desprendían dos conclusiones: 1) que los movimientos peristálticos contaban con un mecanismo local de contracción, y 2) que lo que realmente se escondía en esta observación era el asombroso orden homeostático del estómago. Independientemente de haber sido dañado al separar todos los enlaces con el sistema nervioso, el organismo conseguía reactivar de forma local los movimientos del estómago para mantener la estabilidad del sistema. Sin embargo, en esta temprana etapa el concepto de *homeostasis* todavía no pasa por su mente; tuvo que esperar un par de décadas para llegar a él. En cualquier caso, en estos experimentos ya se cosechan ciertas observaciones y resultados que posteriormente colaboraron en el afianzamiento de su perspectiva holista.

El último capítulo de *The Mechanical Factors of Digestion* es de vital importancia también para entender el paso de Cannon desde un pensamiento mecanicista a uno holista. Se centra en un interrogante que se le presentó prácticamente al inicio de sus investigaciones²²⁶ y que le llevó a especular sobre el efecto de las emociones en la actividad del aparato digestivo. Ya existían fisiólogos que habían puesto su atención en la influencia que tienen la ansiedad, el miedo, el dolor, etc. sobre la digestión, provocando alteraciones en su desarrollo normal: “... las observaciones experimentales de Cannon colocaron a las patologías fisiológicas para este tipo de alteraciones sobre bases más científicas.”²²⁷

²²⁵ Cannon, Walter B. (1911), p. 193.

²²⁶ La primera vez que hace mención de este fenómeno es en sus notas de trabajo del 28 de noviembre de 1897, después de la realización habitual de sus experimentos con gatos: “He visto en repetidas ocasiones de forma muy clara (o sea, *prác.* sin duda) que cuando un gato pasa *de* una respiración calmada a una de furia *c.* retorcimientos evasivos, los movimientos [del canal digestivo] se detienen por completo y el contorno del estómago en la región pilórica se ensancha y vuelve lisa [...]” (la cursiva es nuestra, intentando reproducir las abreviaturas de Cannon) en Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 62.

²²⁷ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 100.

Cannon comenzó explicando cómo surgió el enigma de la suspensión de la peristalsis en algunos animales: “En mis primeras observaciones sobre el estómago²²⁸, tuve dificultades, porque en algunos animales el peristaltismo era evidente, y en otros no había señal de dicha actividad”²²⁹. Notó, en primer lugar, que el problema tenía relación con el sexo. Los animales que mostraban un funcionamiento peristáltico normal eran principalmente hembras de mayor edad. No obstante, en el caso de gatos machos, observó que oponían mayor resistencia a ser sujetos para ser alimentados y en ellos el movimiento se veía suspendido más comúnmente. La prueba se repitió en una ocasión con una gata que tenía cachorros y que al inicio del análisis estaba completamente calmada y cuyos movimientos peristálticos eran regulares, pero de pronto mostró un estado de ansiedad y la actividad peristáltica que se registraba con normalidad se detuvo. Fue al acariciarla para calmarla cuando empezó a ronronear y sus movimientos continuaron.

Esta evidencia llevó a Cannon a ver que la influencia que tenían las emociones en el aparato digestivo iba más allá de lo que se conocía hasta entonces: “Desde hace tiempo es conocido que las emociones violentas interfieren en los procesos digestivos, pero que las actividades motoras gástricas muestren tal grado extremo de sensibilidad a las condiciones nerviosas es sorprendente.”²³⁰ Estas observaciones le invitaron a investigar si realmente existía una influencia de las emociones en el movimiento normal del canal digestivo. Para ello incorporó a sus experimentos una serie de pruebas que consistían en tapar momentáneamente la boca y la nariz a los gatos. Comprobó que el peristaltismo se detenía a su voluntad cuando el gato se violentaba por la asfixia. Siempre que un gato mostraba signos de furia, angustia o simple ansiedad, los movimientos se detenían por completo: “Lo que ocurre con los gatos, también sucede con los conejos, los perros y con las cobayas. Incluso una pequeña alteración física es acompañada por la suspensión del peristaltismo”²³¹.

En *The Mechanical Factors of Digestion*, simplemente enunció este hecho enigmático. Más adelante centró su atención en el sistema nervioso autónomo e intentó ver su relación con el aparato digestivo. Como se ha dicho, aunque el fenómeno fue

²²⁸ Cannon, Walter B. (1898): “The Movements of the Stomach Studied by Means of the Röntgen Rays”, *American Journal of Physiology*, 1 (May), p. 380.

²²⁹ Cannon, Walter B. (1911), p. 217.

²³⁰ Cannon, Walter B.: (1911), p. 381.

²³¹ Cannon, Walter B.: (1911), p. 218.

detectado desde el comienzo de sus investigaciones, Cannon continuaba dentro de la tradición mecanicista y, por tanto, hizo un seguimiento del aparato digestivo dividiéndolo en segmentos y analizándolo parte a parte. Quizá ésta fuera la principal razón por la que sólo expuso la peculiar detención de los movimientos peristálticos debida a las emociones, pero no la explicó en profundidad. Sugirió una posible relación con el sistema nervioso autónomo, pero no se encontraba todavía en disposición de resolver el enigma. Tiempo después empezó a dar sus primeros pasos hacia una fisiología más holista, siendo capaz de encontrar una respuesta a este fenómeno y a otros mucho más complejos que desde una perspectiva mecanicista no podían ser resueltos.

Para finalizar, baste decir que hubo otros investigadores que emplearon los rayos X en el estudio de la deglución: Victor Balthazard y Jean-Charle Roux en el *Hôpital St. Andral* en París. Los experimentos que ambos fisiólogos franceses realizaron fueron muy similares a los de Cannon, tanto en los métodos de investigación como en los resultados obtenidos, y si en algo se diferenciaron fue en el tipo de animales que emplearon en sus experimentos. Como se ha visto, al comienzo Cannon empleó principalmente gatos, mientras que Balthazard y Roux recurrieron a ranas, perros y humanos. Por otro lado, las secreciones gástricas y pancreáticas fueron estudiadas por Ivan Pavlov en Rusia o William Bayliss y Ernest Starling en Inglaterra. Según fue avanzando la década de 1900, otros fisiólogos reconocidos prestaron más atención al trabajo de Cannon, y comenzaron a citar sus investigaciones, así como a incluir dentro de sus conferencias o clases algunos de los resultados del joven investigador. Como señaló Szurszewski: “Walter B. Cannon es el padre fundador de las investigaciones sobre la motilidad gastrointestinal”²³². Y en una carta publicada en el mismo artículo de Szurszewski, escrita por Charles Code, éste sostenía: “La importancia de su sólido bloque de datos obtenidos en la primer década del siglo [xx] sigue siendo significativa y sigue influyendo mientras nos acercamos al XXI. Fue un gran pionero. Consiguió marcar la dirección a todo un sector de la fisiología: la acción motriz del canal alimenticio”²³³. Estos estudios le valieron al final de su carrera muchos reconocimientos, entre los que destaca la medalla *Julius Friedenwald* de la Asociación Gastroenterológica Americana;

²³² Szurszewski, Joseph H. (1998): “A 100-year Perspective on Gastrointestinal Motility”, en *American Journal of Physiology- Gastrointestinal and liver Physiology*, 274 (marzo), p. G447.

²³³ Szurszewski, Joseph H. (1998), p. G449.

un mérito que se sigue otorgando en nuestros días cada año, pero cuya primera adjudicación fue para Cannon: “En reconocimiento a su utilización pionera de los rayos X en gastroenterología y a sus importantes contribuciones en el estudio del mecanismo de la digestión, el papel de las emociones en el hambre y la sed, y el desarrollo de la ciencia y la práctica de la gastroenterología”²³⁴.

3.4. Hacia una fisiología holista

Se va a dividir esta segunda etapa en tres partes: a) los estudios endocrinológicos sobre la adrenalina, b) la prolongación de estudios gástricos enfocados al hambre y la sed (para estos dos primeros apartados se añadirá un pequeño epílogo sobre la estrecha relación que tienen ambos con las emociones), y c) los estudios sobre el *shock* traumático²³⁵. Aunque este último punto fue para el propio Cannon una especie de interrupción en la línea de sus investigaciones, dichos estudios le ayudaron a comprender desde otra perspectiva la necesidad de estudiar al organismo como un todo: “El único paréntesis introducido en esta serie de trabajos correlacionados, fue un estudio del *shock* traumático, cuya urgente necesidad fue puesta de relieve en la Primera Guerra Mundial”²³⁶. Desde este punto de vista, se ha separado en ocasiones esta etapa de las demás, quizá bajo la influencia de las palabras del mismo Cannon. Así lo hacen Wolf, Berger y Beninon y, posteriormente, Hugo Abate²³⁷. No obstante, el acercamiento que aquí se presenta analiza el cambio epistemológico que se produce en el fisiólogo, y por esto se considera que todas las investigaciones que realiza en este periodo, entre 1911 y 1922, estimularon las teorías propiamente holistas que le caracterizan. Es importante mencionar que las dos primeras partes de esta etapa se fueron concretando a la par—hay que recordar que para entonces ya era jefe del departamento de Fisiología y director del laboratorio de Harvard, con un número considerable de investigadores a su cargo—. Pero para poder dar una explicación más clara de las propuestas de Cannon es mejor

²³⁴ Beninon, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000): *Walter B. Cannon, Science and Society*, Boston Medical Library, Boston, p. 471.

²³⁵ *Traumatic shock* se conoce en español como “estado de choque traumático” o “choque hipovolémico” (o “sanguíneo”), pero a lo largo del presente trabajo se empleará principalmente el término *shock*, también admitido en castellano.

²³⁶ Cannon, Walter B. (1965), p. 92.

²³⁷ Abate, Hugo (2007): *Walter B. Cannon y la “muerte vudú”: una exploración en las fronteras de la biomedicina*, tesis de doctorado presentada en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires (UBA), recuperado de <http://www.fmv-uba.org.ar/tesis/tesis01/ParteI.pdf>.

introducirlas por separado. En cualquier caso, ambas se encuentran resumidas en su libro *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*.

3.4.1. Estudios sobre la adrenalina

Como se mencionó en el Apartado 3.3., existieron dos interrogantes que llamaron la atención de Cannon: el primero surgió prácticamente desde el inicio de sus estudios sobre los movimientos del tubo digestivo, y consistía en un cese total del peristaltismo cuando el animal de experimentación sufría una fuerte angustia o estrés. El segundo interrogante apareció más adelante, cuando dedicaba su investigación al intestino delgado junto al cirujano Fred T. Murphy. Ambos hicieron pruebas de distintos tipos de incisiones en dicho órgano y posteriormente observaron cómo se producían los movimientos peristálticos después de la operación. Lo que más les sorprendió no tenía que ver tanto con el intestino sino nuevamente con el píloro, que se mantenía cerrado hasta que había pasado un tiempo considerable, como permitiendo que la herida del intestino se recuperara para poder recibir el alimento proveniente del estómago. Ambos casos despertaron en Cannon una concepción teleológica del sistema digestivo. Hasta ahora había buscado respuestas bajo una epistemología mecanicista: había dedicado sus esfuerzos a entender las distintas partes que conformaban el aparato digestivo por separado, intentando después dar explicación al conjunto. Sin embargo, estos problemas le llevaron a un cambio de perspectiva: ¿qué relación mantenían las distintas partes del sistema para que actuaran con tanta armonía?, ¿qué relación mantenía, a su vez, el aparato digestivo con otros sistemas? Para conseguir dar respuesta a estas preguntas tuvo que ascender en los niveles jerárquicos y centrar la atención en la relación de conjunto, evitando la separación de los elementos que lo conformaban:

El esfuerzo de Cannon por coordinar sus descubrimientos con los de otros fisiólogos le llevó a ver al sistema digestivo desde una perspectiva teleológica, buscando entender cómo la interrelación de los distintos elementos del canal alimentario unificaba un proceso ordenado y sucesivo de series de eventos dependientes. Para determinar cómo contribuían los factores, él comenzó a centrar su atención en las relaciones del sistema nervioso autónomo y el canal digestivo -en particular, aquellos elementos que determinan el control reflejo del peristaltismo en el esófago, estómago e intestinos, así como aquellos que controlan los fluidos pancreáticos y la bilis.²³⁸

²³⁸ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 161.

Cannon realizó un experimento interesante, con el cual quiso demostrar la importancia del sistema nervioso en el aparato digestivo, especialmente en las contracciones peristálticas. Para realizar su experimento escogió unos gatos a los que aplicando una técnica de cirugía les extirpó los nervios espláncnicos (nombre con el que se conoce a la inervación simpática del estómago y los intestinos). A un segundo grupo de gatos les extirpó los nervios vagos (que forman parte del sistema parasimpático y que inervan por su parte a la faringe, el esófago, la laringe, la tráquea, los bronquios, el corazón, el estómago, el páncreas y el hígado.). A un tercer grupo de gatos les extirpó ambas partes del sistema nervioso autónomo:

Después de la escisión de los nervios espláncnicos mayor y menor por los dos lados, los animales no mostraban cambios apreciables. Todos vivieron más de un mes y fueron sacrificados finalmente por una inflamación de la nariz y conjuntivitis, que siguió a una epidemia entre los animales operados y sin operar. Después de la disección bilateral del nervio vago, los gatos vivieron sin problemas, con la excepción de un fallo temporal del peristaltismo del esófago, en dos casos por más de un mes, en otros casos por períodos que comprendían entre dos y tres semanas. [...] Cuando se les cortaba por completo los nervios espláncnicos y el vago, dos de los animales contrajeron coriza; uno de ellos se murió a los doce días después de una segunda operación, y el resto fue sacrificado por eterización dos semanas después de la operación pues sufrían notablemente de astenia.²³⁹

Una vez que los gatos se recuperaron de la operación, Cannon los alimentó y volvió a examinar con su técnica de rayos X (fluoroscopia con uso de bario). Para los animales del primer grupo, los movimientos peristálticos fueron regulares y el paso de la comida del estómago a los intestinos parecía normal. En el caso del segundo grupo, al principio hubo una supresión total de los movimientos gástricos o por lo menos una disminución notoria del peristaltismo: “Conforme los días pasaban, estas anomalías en gran parte desaparecían y las ondas [peristálticas] comenzaban en sus tiempos habituales y conservaban un vigor normal”²⁴⁰. Y finalmente en el grupo en el que se cortaron todos los nervios, en apariencia los movimientos desde el inicio eran normales, pero, diferenciándose respecto al grupo en el que se extirpó sólo el nervio vago, los movimientos parecieron ser más profundos y la descarga del estómago normal. Los resultados que obtuvo le ayudaron a concluir que el peristaltismo y la descarga de

²³⁹ Cannon, Walter B. (1906): “The Motor of Activities of the Stomach and Small Intestine after Splanchnic and Vagus Section”, en *American Journal of Physiology*, 17, pp. 430-431.

²⁴⁰ Cannon, Walter B. (1906), p. 432.

distintos tipos de alimentos (proteínas, carbohidratos y grasas) son controlados de forma local o por un mecanismo hormonal, pero que no tiene que ver directamente con el sistema nervioso autónomo.

Cannon continuó con sus investigaciones, muchas de ellas resumidas en su libro *The Mechanical Factors of Digestion* y que ya han sido expuestas en el apartado anterior. No obstante, estos descubrimientos sobre la relación del sistema nervioso autónomo y los movimientos digestivos continuaron. Él solo a principios de 1910, y más adelante ese mismo año en colaboración con su alumno Laurence Lieb, desarrolló una investigación sobre el tono muscular. Los resultados que obtuvieron le convencieron de que el nervio neumogástrico y los nervios espláncnicos modulan el tono de los músculos gástricos, lo que influye directamente en el peristaltismo. Además, intentó mostrar que ciertos estados de estrés y angustia van acompañados de impulsos espláncnicos que suprimen el tono, causando el cese de los movimientos peristálticos. “Mientras estudiaba estos aspectos mecánicos de la digestión me atreví a inferir que así como existen secreciones psíquicas²⁴¹ también era probable que hubiese un ‘tono psíquico’ o una ‘contracción psíquica’ de los músculos gastrointestinales como consecuencia de probar comida. [...] La sugerencia que aquí se hace de que es probable que exista una contracción psíquica de los músculos gastrointestinales se sostiene a partir de la evidencia de que a la vista de comida apetecible, se estimulan tanto los movimientos del estómago como los de los intestinos.”²⁴² Un proceso que en la actualidad es conocido como la fase encefálica de la digestión.

La influencia de las excitaciones emocionales sobre la digestión le llevó a estudiar otros cambios asociados a emociones intensas, producidos por impulsos nerviosos del sistema simpático. Sin embargo, el convencimiento que tenía sobre la influencia del sistema autónomo y su relación con el estómago no le sugería ideas para poder encaminar su investigación en una dirección definida. Fue nuevamente de manera fortuita como halló la línea por la que continuarla, si bien en este caso con la intermediación de un estudiante de doctorado llamado Roy Graham Hoskins (1880-

²⁴¹ Cannon aquí hace referencia principalmente a los estudios de Pavlov —Pavlov, I. (1910): *The Work of Digestive Glands*, Charles Griffin, London— descritos en el primer capítulo de este trabajo, y a los de otros fisiólogos como Charles Robert Richet, Friedrich Karl von Bidder y Alexander Schmidt, que Cannon cita: Bidder & Schmidt (1852): *Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel*, Leipzig; y Richet (1878): *Journal de l'Atomie et de la Physiologie*.

²⁴² Cannon, Walter B. (1953): *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: an account of recent researches into the function of emotional excitement*, Appleton, New York, 2nd edition, pp. 12-13.

1964). Cuando llegó a Harvard para doctorarse bajo la tutela de Cannon, rechazó los ofrecimientos, que este último le hizo, de investigar el tracto gastrointestinal, pues a Hoskins le interesaban más los problemas endocrinos. Por tanto, investigó la secreción interna de distintos órganos y su relación. Pese a que Cannon no contaba con experiencia en este campo, se mantuvo al tanto de sus estudios y obtuvo la ventaja de adentrarse en la literatura de temas endocrinológicos, lo que motivó su interés por la función de las glándulas suprarrenales. En este contexto, su atención al papel de la adrenalina²⁴³, producida por la médula de las glándulas suprarrenales, no tardó en aparecer. Al término de su doctorado, Hoskins pidió consejo a Cannon sobre la dirección que debía seguir en sus futuras investigaciones, y éste último lo invitó a que analizara “la influencia de los estados emocionales en la producción de adrenalina”²⁴⁴.

Hoskins aceptó una plaza como profesor de fisiología en la Universidad de Ohio. Más adelante escribió a Cannon para informarle de que en uno de sus experimentos, tras entrar uno de sus animales en estado de furia y extraerle sangre, pudo encontrar adrenalina en el fluido. Cannon se emocionó tanto que a partir de ese momento su principal interés se concentró en la acción del sistema simpático adrenal y sus consecuencias sobre el organismo, en el marco de las investigaciones sobre los efectos corporales de la excitación emocional. Para ello contó con la ayuda de un nuevo estudiante que venía a hacer sus investigaciones doctorales en Harvard: Daniel de la Paz. Los experimentos consistieron en tomar, con la ayuda de un catéter, muestras de sangre de un gato que estuviera tranquilo y del mismo animal en un estado de sobreexcitación producido por los ladridos de un perro: “La sangre se obtenía a través de la vena cava inferior hacia la abertura de las venas suprarrenales”²⁴⁵. Cannon pretendía demostrar que el estrés causado por la presencia de los perros liberaba adrenalina al fluido sanguíneo. Cannon había leído que los efectos físicos de la

²⁴³ A comienzos del siglo xx también se conocía a la adrenalina con otros nombres. El propio Cannon llegó a utilizar distintos términos a lo largo de sus estudios; finalmente se inclinó por *adrenín*: “De la médula puede ser extraída una sustancia, llamada por varios suprarrenina, adrenín, epinefrina o ‘adrenalina’”. Y añade en una nota al pie: “El nombre adrenalina es el más apropiado. Epinefrina y adrenín han sido sugeridos por temas comerciales. Como adrenín es más corto y está más relacionado con la forma adjetivada de *suprarrenal* [del inglés *adrenal*], he seguido a Schäfer a la hora de nombrar a la sustancia fisiológica secretada por las glándulas suprarrenales”. En Cannon, Walter B. (1953), p. 34. No obstante, en la actualidad el nombre que se da a esta sustancia es o adrenalina o epinefrina (ambos correctos). Ya que este último se usa sólo en Estados Unidos, en este trabajo se ha tomado la decisión de emplear *adrenalina*, aunque sean usados otros nombres en los textos investigados, ya que es el término más utilizado en Europa y Latinoamérica.

²⁴⁴ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 255.

²⁴⁵ Cannon, Walter B. (1953), p. 41.

adrenalina eran muy notorios: la inhibición de actividad digestiva, la dilatación de las pupilas de los ojos, la contracción de los vasos sanguíneos, la erección del bello y un incremento del ritmo cardíaco. Sin embargo, entonces se pensaba que la secreción de la adrenalina era constante con la intención de mantener la tensión arterial constante. Cannon se propuso mostrar que en realidad la secreción se veía afectada por los estados emocionales.

Por otro lado, según un estudio realizado por Rudolph von Magnus en Utrech en 1905, se descubrió que un segmento del músculo intestinal de un gato experimental, aislado y colocado en una solución de sangre, mantenía su contracción. Sin embargo, esta contracción era nula cuando había incluso un poco de adrenalina mezclada en dicha sangre. Cannon no tardó en encontrar una aplicación práctica a este hecho, pues aunque nunca se había usado tal método como técnica de investigación, sabía que podría emplearla para comprobar si había adrenalina en la sangre de los gatos que eran sometidos al estrés de los ladridos del perro. Si esto era así, dicho segmento intestinal no se contraería, como debería suceder con el mismo cuando se colocase en una solución de sangre de un gato que se encontrara tranquilo. “Como es conocido, la adrenalina afecta a las vísceras incluso cuando estas han sido sacadas del cuerpo, tal como si estuviesen recibiendo impulsos por las fibras simpáticas; estas fibras del sistema simpático normalmente llevan impulsos que causan la contracción de los genitales internos y la relajación del estómago y los intestinos.”²⁴⁶ Por tanto, diseccionó un segmento de intestino de un gato (más adelante, y por sugerencia de Hoskins, empleó el de un conejo) y lo sometió a los dos tipos de sangre: una muestra obtenida cuando el animal se encontraba en estado de excitación (en la que debería hallarse adrenalina) y otra extraída cuando el gato estaba en calma (y que consideraba no debería contener esta hormona). Como supuso Cannon, el experimento mostró los resultados esperados:

En ningún caso la sangre de la vena cava inferior de un animal en estado calmado y normal produjo relajación [del segmento de intestino]. Por otro lado, la sangre del animal después de un estado de excitación emocional mostró, más o menos rápidamente, la típica relajación.²⁴⁷

²⁴⁶ Cannon, Walter B. (1953), p. 43.

²⁴⁷ Cannon, Walter B. (1953), p. 50.

De esta manera Cannon comprobó que el estrés era un factor en la secreción de adrenalina, pero quiso llegar más allá y ver cómo la asfixia, la hiperpnea (el aumento de la frecuencia respiratoria y el aire ventilado) y la estimulación sensorial (el dolor) afectaban a la secreción de la hormona. En todos estos experimentos, Cannon obtuvo los mismos resultados esperados. Después, para demostrar la corrección de su hipótesis, sometió al animal a la misma prueba, pero hizo una ligadura de las glándulas suprarrenales del gato, impidiendo así el flujo de la hormona hacia la sangre. En este caso, pensó Cannon, el segmento de intestino no debería relajarse, pues la sangre no tendría que contener adrenalina. Para su desgracia, el experimento resultaba fallido constantemente, ya que también el músculo se relajaba, lo cual indicaba la existencia de adrenalina en la sangre. ¿Cómo era posible la presencia de esta hormona si se habían bloqueado las glándulas que la producen? En la actualidad se sabe que el flujo de catecolaminas en el torrente sanguíneo es independiente de las glándulas suprarrenales y que esta hormona también es producida en las terminaciones nerviosas del lecho esplácnico. Sin embargo, ese conocimiento no estaba al alcance de Cannon, quien continuó experimentando sin poder resolver la incógnita. Por tanto, y ya que cabían dudas en los resultados experimentales con el método del catéter, decidió probar “el uso de un corazón denervado, un corazón separado completamente de conexiones nerviosas con el sistema nervioso central. Este método tiene la gran ventaja de no necesitar sangre extraída del cuerpo para probar el contenido de adrenalina. Cuando se le quitan los nervios cardíacos, el corazón sigue siendo capaz de latir, pero ya sólo es influido por los agentes llevados a él a través del fluido sanguíneo. Es extremadamente sensitivo a la adrenalina [...] respondiendo con un latido más intenso cuando llega adrenalina”²⁴⁸. En este caso también demostró la existencia de adrenalina en la sangre de los gatos excitados y la ausencia en la muestras de los gatos tranquilos, pero el experimento, al igual que con el trozo de intestino, seguía dando positivo aun cuando las glándulas suprarrenales eran ligadas. Retomó el experimento en su siguiente fase (la holista), cuando regresó de la Primera Guerra Mundial y terminó sus estudios sobre el shock, pero perfeccionó la técnica e interpretó los resultados de forma más completa. Se hablará de él en el siguiente apartado.

²⁴⁸ Cannon, Walter B. (1953), pp. 46-47.

Poco más tarde, con la ayuda de los alumnos Alfred Schol y Wade Wright, comenzó a investigar el impacto de las emociones en la glucosuria. Ya había descubierto con De la Paz que cuando uno de sus animales de experimentación se enfurecía, había un incremento de la secreción de adrenalina, y “esta inyección de adrenalina puede liberar azúcar del hígado de tal forma que el resultado muestre glucosuria”²⁴⁹. Tal hecho le llevó a sospechar que los niveles de estrés también podían producir glucosuria. Los experimentos siguieron la línea de los anteriores. Se sujetó a algunos gatos al asidero que usaban en el laboratorio, de tal forma que por estar atrapados éstos manifestaran síntomas de estrés. Descubrieron que en estos casos las gatas y los gatos más viejos no tenían azúcar en la orina, pero en los más jóvenes, que oponían más resistencia, sí se registraba azúcar. Cuando a todos se les sometía a los ladridos de un perro, en todos ellos aparecía azúcar en la orina: “En nuestra serie de observaciones usamos doce gatos y en cada uno encontramos glucosuria muy bien definida”²⁵⁰. Finalmente, a aquellos animales que dieron positivo en esta prueba, se les extirparon las glándulas suprarrenales y se hizo el mismo experimento; como resultado, ninguno tenía azúcar en la sangre:

Aunque los animales despojados de sus glándulas suprarrenales manifestaban una disminución del tono muscular, mantuvieron la misma exhibición de su rabia o excitación al estar atados. De hecho, uno de ellos estaba incluso más molesto después de haberle quitado las glándulas. Para que no se quedaran fríos, se les cubrió con una manta o con una almohadilla eléctrica. Aunque se les dejó de dos a tres veces el tiempo que se requirió para obtener la glucosuria, no se encontró ningún rastro de azúcar en la orina esta vez. Esta evidencia tiende, por tanto, a confirmar el punto de vista de que las glándulas suprarrenales llevan a cabo una importante contribución en la aparición de la glucosuria resultante de la estimulación esplácnica.²⁵¹

Tales resultados en animales también podían extrapolarse a humanos: “[...] cuatro de cada nueve alumnos, todos con el azúcar normal en su orina, sufrieron glucosuria después de un examen difícil y sólo uno de cada nueve tuvo glucosuria después de un examen sencillo”²⁵². Cannon también realizó un experimento con los jugadores de fútbol americano en un partido de Harvard contra Yale. Después de la competición, muchos de los jugadores presentaban glucosuria. Lo que más sorprendió

²⁴⁹ Cannon, Walter B. (1953), p. 66.

²⁵⁰ Cannon, Walter B. (1953), p. 71.

²⁵¹ Cannon, Walter B. (1953), p. 76.

²⁵² Cannon, Walter B. (1953), p. 74.

fue que muchos de ellos la presentaban aunque no hubieran jugado e incluso algunos de los espectadores también mostraron glucosuria. En todos los casos, el azúcar en la orina al día siguiente era normal. “Dados los resultados es razonable concluir que así como pasa con gatos, perros y conejos, también en el hombre la excitación emocional produce un incremento temporal del azúcar en la sangre”²⁵³. Ahora sabemos que la adrenalina ocasiona lo que se conoce como glucogenolisis, que es la producción de glucosa a partir del glucógeno hepático y muscular. La elevación de la glucosa en la sangre favorece la glucosuria.

Otro de los experimentos que realizó en colaboración con Carl Binger y Josep Aub fue sobre la influencia que tenía la nicotina en la secreción de adrenalina. Según se sospechaba en aquel tiempo, la nicotina estimulaba y después paralizaba el ganglio simpático. Por tanto, Cannon consideró que con una pequeña dosis de nicotina estimularía el ganglio simpático, lo que a su vez mandaría un impulso a las glándulas suprarrenales que liberarían adrenalina en la sangre. Se experimentó nuevamente sobre gatos. Se les introdujo un catéter en la vena cava para poder medir el nivel de adrenalina en la sangre antes y después de administrar a los animales una dosis de nicotina. Los resultados fueron claros: tras la nicotina se registraba adrenalina en la sangre. Aub explica: “Nuestros experimentos demostraron, para nuestra satisfacción, que la nicotina estimula el sistema nervioso simpático. De hecho, ese fue un gran descubrimiento para nosotros, pues aunque los investigadores de hoy en día se hayan olvidado de este estudio, se ha demostrado constantemente que el fumar provoca más azúcar en la sangre, aminora la fatiga, detiene el hambre y disminuye la temperatura periférica, efectos que pueden ser atribuidos total o parcialmente a la corriente de adrenalina”²⁵⁴.

Existen otros dos estudios más relacionados con la adrenalina que es importante mencionar: a) la influencia de esta sustancia en la fuerza de contracción de los músculos esqueléticos, y b) la acción de ella sobre la coagulación de la sangre. En lo referido al primero, ya se había estudiado la influencia de las glándulas adrenales en la fatiga muscular. Se sometía a agotamiento a conejos antes y después de extirparles las glándulas. En el segundo caso, se comprobaba un agotamiento casi inmediato: “La anterior evidencia indica que la extirpación de las glándulas adrenales tiene un efecto de

²⁵³ Cannon, Walter B. (1953), p. 75.

²⁵⁴ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 264.

debilitación en el poder muscular”²⁵⁵. Todo parecía indicar que la adrenalina tenía un impacto positivo en la prolongación de la contracción del músculo esquelético, pero el estudio de Takayasu²⁵⁶ mantenía que, aislando el músculo y empleando adrenalina directamente en él, no se veía afectado. En cambio, Cannon sospechó que el fallo en el experimento se debía al uso del músculo relajado y no fatigado. Descubrió que la adrenalina sí que tenía un efecto beneficioso en el músculo exhausto. Sin embargo, lo interesante en la interpretación de Cannon es la suposición que asumió una vez recopilada esa información:

Parece posible, por lo anterior, que el incremento de la secreción de las glándulas suprarrenales, ya sea por la estimulación directa de los nervios espláncnicos o como el resultado reflejo causado por el dolor o grandes emociones, actúa como un factor dinamizador en la realización de un trabajo muscular. Con estas posibilidades en mente L. B. Nice y yo nos dedicamos a una investigación desarrollada en 1912.²⁵⁷

Cuando se estimula un músculo, se contrae, pero a medida que la estimulación aumenta, la contracción va siendo menos fuerte. Llega un punto en el que la contracción es mínima aunque se mantenga por un periodo de tiempo. Dicho punto es el que se considera “nivel de fatiga”. Bajo esta premisa, se tiene ya una base para poder experimentar con un músculo cansado y saber la influencia que la adrenalina tiene sobre él. Efectivamente, Cannon pudo comprobar que la adrenalina ayuda al músculo a recuperar su actividad de contracción de manera más eficiente que el propio descanso: “lo que hace el descanso en una hora o más, la adrenalina lo hará en cinco minutos o menos”²⁵⁸. A partir de los experimentos realizados, llegó a la conclusión de que la estimulación de los nervios espláncnicos mejora la contracción en la fatiga muscular: “se incrementa la presión arterial en general y también se produce una descarga de adrenalina de las glándulas suprarrenales.”²⁵⁹ Esto tiene, a su vez, relación con las emociones, puesto que una gran excitación conduce a la enervación del sistema nervioso simpático, ocasionando contracción de las pequeñas arterias, lo cual produce un incremento de la presión arterial. Tales conclusiones llevaron a Cannon a anticipar

²⁵⁵ Cannon, Walter B. (1953), p. 81.

²⁵⁶ Citado por Cannon [*Ibid.*]: Takayasu (1916), *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, IX, p. 347.

²⁵⁷ Cannon, Walter B. (1953), p. 82.

²⁵⁸ Cannon, Walter B. (1953), p. 133.

²⁵⁹ Cannon, Walter B. (1953), p. 91.

otro concepto teleológico que será recurrente en sus teorías: la respuesta de luchar-huir (*fight or flight response*). Las glándulas suprarrenales, cuando se está en estado de excitación, influyen en la energía de los músculos y movilizan azúcar para uso muscular, de modo que en un estado de peligro se esté preparado para combatir o escapar.

En otras palabras, en momentos de dolor o de excitación, las descargas del nervio simpático, probablemente ayudado por la secreción de adrenalina que simultáneamente es liberada, impulsarán la sangre hacia los órganos vegetativos internos, que sirven a las necesidades rutinarias del cuerpo y hacia los músculos esqueléticos que tienen que librar la urgente demanda que implica el luchar o el huir.²⁶⁰

La evidencia mostraba que los impulsos del sistema simpático son los que constriñen los vasos de las vísceras, pero no lo hacen con otros órganos como son las arterias o venas del corazón, pese a que la presión sanguínea aumenta. Esta situación le llevó a inferir que los órganos del “trípode de la vida” (el corazón, los pulmones y el cerebro), en momentos críticos para el cuerpo son especialmente irrigados con sangre, a costa de dejar a los otros órganos con menor suministro de este fluido. Aunque todos los experimentos realizados por Cannon continuaban la metodología mecanicista, puesto que cada uno de ellos partía de la separación de los procesos estudiados, las conclusiones que obtuvo de sus resultados ya eran holistas. Cannon no podía volver a niveles inferiores para comprender estos procesos integradores, sino que tenía que concebirlos en un nivel superior, buscar en la interacción entre ellos para descubrir sus causas.

El segundo estudio se basaba en la influencia que la adrenalina tiene en la coagulación de la sangre. Este fluido, explicó Cannon, es sumamente importante ya que transporta oxígeno y nutrientes a todos los tejidos, arrastra los desechos, lleva secreciones internas, protege al organismo de la invasión de toxinas y bacterias, y distribuye el calor de una zona de actividad a otra que no lo posee. Siendo tan imprescindible la sangre para el organismo, es natural pensar que debe haber mecanismos que eviten su pérdida. Uno de ellos es su capacidad de espesarse en cuanto sale de sus conductos naturales, coagulándose. Después de establecer que durante las emociones fuertes o cuando se siente un gran dolor se libera adrenalina, que a su vez

²⁶⁰ Cannon, Walter B. (1953), p. 105.

activa los procesos arriba mencionados, Cannon pensó que quizá también debería tener una influencia en la preservación del líquido hemático²⁶¹. Por tanto, diseñó una manera de medir detalladamente la coagulación de la sangre a partir de un aparato que mostraba que había interiorizado bien la inventiva y la metodología heredadas de Ludwig y Bowditch:

[El aparato] consistía en una palanca muy ligera con un brazo largo que terminaba en un punto de escritura. El brazo largo no servía de contrapeso a la carga fija del brazo pequeño, pero al colgar un pequeño cable al final de éste, se compensaba ligeramente el otro lado. El cable estaba dispuesto de tal manera que se sumergía en un tubo de cristal que contenía un poco de sangre fresca recién obtenida de la corriente de una arteria. Un freno en el brazo largo prevenía la caída del lado pequeño, que era más pesado. Cuando el freno se levantaba, el brazo pequeño caía y el cable descendía en la sangre mientras que el punto de escritura se levantaba y escribía el registro (en el quimógrafo). Esto mostraba que la sangre no se había coagulado. Se volvía a poner el freno; un minuto después se retiraba nuevamente [el freno] para que el registro quedara marcado nuevamente. El proceso se repetía a intervalos regulares. En cuanto la sangre se coagulaba, ésta soportaba el cable ligero y, entonces, cuando el freno se levantaba el brazo largo no se elevaba; el hecho de que la sangre se había vuelto gelatinosa se registraba en la superficie del grabado.²⁶²

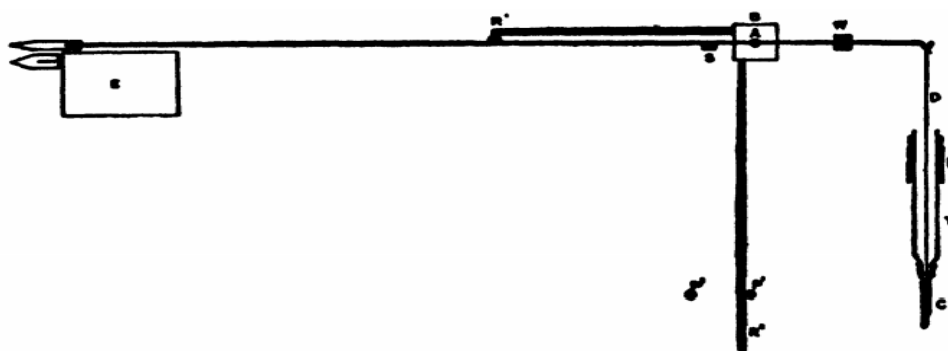


Figura 3.1. Dibujo hecho por Cannon del aparato diseñado para medir la coagulación sanguínea.²⁶³

²⁶¹ Aunque se ha insistido reiteradamente en ello, es fundamental subrayar que la programática experimental que siguió Cannon durante este período puede seguir considerándose mecanicista. Los experimentos para mostrar la influencia de la adrenalina en el restablecimiento muscular, en la glucosuria, en la coagulación, etc., los realizó intentando aislar elementos para poder comprobar sus hipótesis. No obstante, la formulación de ellas ya muestra una tendencia holista y teleológica que se podrá explicar en detalle en el quinto capítulo. Basta subrayar la sagacidad que ya se vislumbra en Cannon cuando pretende conocer qué otros mecanismos están relacionados con la excitación emocional y por qué entiende que son activados: para huir o luchar.

²⁶² Cannon, Walter B. (1965), p. 59.

²⁶³ Cannon, Walter B. (1953), p. 134.

Mediante este sistema consiguió hacer pruebas con gatos a los que se les inyectaba adrenalina intravenosa, que medían la diferencia en la rapidez de coagulación de la sangre en ellos, con y sin adrenalina (“la sangre siempre era obtenida de la arteria femoral (usualmente la derecha)”²⁶⁴). El resultado fue el esperado: la adrenalina aceleraba el proceso de coagulación. Una vez confirmado, el siguiente paso fue similar a los dados en los experimentos previamente mencionados, es decir, se estimulaban los nervios espláncnicos y se veía su influencia en la coagulación. En este caso también se constató una aceleración en el tiempo de coagulación de la sangre, pero lo sorprendente fue cuando se excitó al gato tres minutos antes de someterlo al experimento (en el que se le anestesiaba con éter): “las primeras dos pruebas [inmediatamente después de la eterización] coagularon tan rápido que no fue posible registrarlo”²⁶⁵. Después de varios estudios similares se pudo establecer que la rapidez de la coagulación tenía una estrecha relación con la descarga de adrenalina por parte de las glándulas suprarrenales. Sin embargo, Cannon también se dio cuenta de que no es exactamente la adrenalina la que produce este fenómeno por sí sola, confirmando nuevamente el tipo de proceso integrado que ya comenzaba a asumir en sus estudios:

El hígado y el intestino no pueden acortar el tiempo de coagulación, pero, como se ha mostrado, tampoco la adrenalina actúa por sí sola en la aceleración de la coagulación. Aparentemente el efecto es producido por la cooperación entre las glándulas suprarrenales y el hígado (y posiblemente incluso el intestino). Una forma similar de cooperación se encuentra en la organización del metabolismo del azúcar; en ausencia de las glándulas suprarrenales la estimulación del hígado tiene consecuencias pequeñas o casi nulas para elevar el nivel de azúcar en la sangre.²⁶⁶

El siguiente paso fue demostrar que el dolor y el estrés tenían una incidencia en este proceso. Los experimentos dieron los mismos resultados que los anteriormente descritos. Tanto el dolor como los altos niveles de estrés acortaban el tiempo de coagulación. También influía el hecho de experimentar sobre gatos jóvenes, más vigorosos e irritables y cuyas emociones manifestaban una influencia más notable en los resultados (su excitabilidad producía más adrenalina), en comparación con hembras de mayor edad, que suelen ser más dóciles y menos excitables. “Aquí, entonces, existe otro cambio fundamental en el cuerpo, un cambio que busca la conservación de su fluido

²⁶⁴ Cannon, Walter B. (1953), p. 136.

²⁶⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 309.

²⁶⁶ Cannon, Walter B. (1953), p. 165.

más importante, provocado por las glándulas suprarrenales en un momento de gran perturbación”²⁶⁷.

3.4.2. Estudios sobre el hambre y la sed

Al término de un año, y aunque a Cannon le hubiese gustado conservarlo como investigador en su laboratorio, De la Paz tuvo que marcharse. Cannon reclutó alumnos de su clase de fisiología para poder continuar con los estudios sobre la adrenalina y se postularon cinco voluntarios: “A [Alfred] Schol y [Wade] Wright se les pidió que exploraran el rol de la excitación en la producción de glucosuria, a [Josep] Aub y [Carl] Binger se les asignó el problema de la influencia de la nicotina en la secreción de adrenalina y Cannon sugirió a [Arthur] Washburn que se uniera a él en un estudio experimental sobre la naturaleza del hambre”²⁶⁸. Todos participaron con el mismo entusiasmo que habían mostrado Cannon y Moser cuando Bowditch, quince años antes, les invitó a colaborar en los estudios con rayos X, arriba mencionados.²⁶⁹

En 1912, con la ayuda de Washburn, Cannon presentó una teoría sobre el mecanismo fisiológico implícito en el hambre. Años antes, el propio Cannon invirtió mucho tiempo auscultándose a sí mismo con el estetoscopio, para examinar los sonidos de su sistema digestivo. Notó que los sonidos no eran constantes y que una vez que terminaban, sobrevenía un gorjeo proveniente del estómago, a la par que un pinchazo de hambre. Pensó que quizá a diferencia de lo que se creía —que el hambre es producto de un estómago vacío—, era probable que esta sensación estuviese relacionada con sus contracciones. Si bien este tipo de investigaciones daban la impresión de ser un paso atrás hacia la orientación mecanicista de sus primeros estudios sobre el canal digestivo, en realidad Cannon pensaba en la sensación de hambre como una emoción parecida a la furia o al miedo. Para él estas emociones estaban relacionadas con procesos fisiológicos

²⁶⁷ Cannon, Walter B. (1953), p. 176.

²⁶⁸ Cannon, Walter B., Washburn, Arthur L. (1912): “An explanation of hunger”, *American Journal of Physiology*, XXIX, pp. 441-454.

²⁶⁹ Aunque en el último capítulo de este trabajo se tratará en profundidad el hecho de que este tipo de colaboración puede ejemplificar ciertos rasgos de la práctica pedagógica de Cannon y que, como se explicó en el capítulo anterior, forma parte de una herencia directa de Bowditch y de Ludwig, parece pertinente avanzar el siguiente apunte: la institucionalización trajo consigo métodos más interactivos de enseñanza de la biología. Además del aula, parte sustancial del aprendizaje del médico, el siglo xx incorporó claramente a la enseñanza de la fisiología las prácticas dentro de los laboratorios experimentales. De tal forma que el estudiante era a su vez investigador. Bajo esta perspectiva puede entenderse la profusión de descubrimientos que inundó todo el siglo.

e incluso, en ese momento, estaba a un paso de demostrar que guardaban una estrecha relación con el sistema endocrino y la producción de adrenalina: “En el mismo plano que el dolor y las emociones dominantes de miedo y furia, como agentes que determinan la acción de organismo, se encuentra la sensación de hambre”²⁷⁰.

Lo primero que propone es diferenciar la sensación de apetito con la de hambre: “el apetito es el primer grado del hambre, una suave y placentera etapa agradable; y el hambre es una condición más avanzada que es desagradable e incluso dolorosa”²⁷¹. El primero suele ser provocado de forma psíquica, ya que está estimulado por olores o por el mismo sabor de ciertos alimentos. El aroma de una rica comida basta para despertar esa sensación. Esta anticipación genera la salivación y la secreción de jugos gástricos como señal del comienzo de los procesos digestivos. Muchas veces el apetito viene seguido del hambre y por eso suelen confundirse. Pero el hambre es una sensación desagradable que comienza con un pinchazo en el estómago, que suele ser leve, pero si no es satisfecho produce un dolor más intenso. El objetivo era desmentir la idea comúnmente admitida según la cual el hambre tiene un origen general, y no local, en el organismo. La antigua teoría sostenía que era la sangre la que, al poseer pocos nutrientes, generaba una señal que se convertía en la punzada de hambre. Cannon argumenta que, de ser así, esta sensación, debería continuar o incrementarse, y según todas las pruebas que había hecho, el hambre viene y va, hasta que al cabo de unos días ya prácticamente no se siente, sin que los nutrientes de la sangre se hayan recuperado. Además, la sensación es local, proveniente del estómago, pese a que hubiera detractores que consideraban tener evidencia de la existencia de personas que sentían esta sensación en otras partes del cuerpo (cuello, pecho, etc.).

Algunas de sus conclusiones fueron que el hambre no necesariamente surge cuando el estómago está vacío, ni en presencia del ácido clorhídrico, segregado cuando el órgano no tiene contenido alimenticio. Para Cannon la explicación se hallaba en las contracciones tanto del estómago como de otras partes del canal digestivo. Una observación contraria a la antigua creencia de que cuando el estómago se encuentra vacío no suele tener actividad. Se demostró que aunque no tenga contenido, el sistema se activa cada determinado tiempo. Conforme avanza el tiempo, el periodo que transcurre entre una activación y otra se prolonga, y las contracciones cada vez son más

²⁷⁰ Cannon, Walter B. (1953), p. 268.

²⁷¹ Cannon, Walter B. (1953), p. 269.

pequeñas. Existe una relación entre los movimientos musculares y los tipos de alimentos (hidratos de carbono, el glucógeno y los azúcares). El déficit de las sustancias que proveen de energía se expresaría a través de contracciones más intensas de las fibras musculares lisas del estómago. Ello produciría la sensación de dolor o molestia en el epigastrio, que puede llegar al espasmo:

El hambre, en otras palabras, es normalmente la señal de que el estómago se contrae; la desagradable sensación de hambre conduce a comer; el comer activa la digestión gástrica y elimina esta sensación. Mientras tanto, los jugos pancreáticos e intestinales se han preparado en el duodeno para recibir el quimo. La actividad periódica del canal alimenticio durante el ayuno, entonces, no es sólo la fuente de pinchazos de hambre, sino que a su vez es una exhibición de la preparación que tienen los órganos digestivos para atacar con prontitud la comida consumida por un animal hambriento.²⁷²

El hambre y su influencia en otros procesos fisiológicos no es lo único que atrajo a Cannon. El organismo necesita de un suministro de alimentos para que pueda crecer y desarrollarse, para regenerar posibles daños o simplemente el desgaste común. Igualmente, para obtener la energía necesaria y mantener el calor del cuerpo. También necesita del oxígeno para realizar los procesos de oxidación necesarios para la vida y, finalmente, precisa del agua como medio en el que se llevan a cabo todos los procesos químicos del cuerpo. Entre la comida, que es el suministro sin el cual el cuerpo puede sobrevivir durante un mayor período (hasta cuarenta días), y el oxígeno, que es un elemento del que si se priva al organismo puede morir en pocos minutos, se encuentra el agua. Una persona podría mantenerse viva unos tres días sin líquidos, pero no mucho más. “Aunque el período de supervivencia varía, la muerte sobreviene cuando la comida, el oxígeno o el agua están ausentes.”²⁷³ El alimento, el oxígeno y el agua se van perdiendo y recuperando de forma constante. Para ello el cuerpo manda avisos de alerta cuando se precisan estas sustancias. Como se ha dicho arriba, después de unos tres días sin provisión de alimentos y después de aparecer las punzadas del hambre, esta sensación termina aminorándose e incluso puede llegar a desaparecer. Sin embargo, la sed es una sensación muy constante y prácticamente intolerable, lo que manifiesta el carácter vital del agua para el organismo (en la sangre, en la linfa, en los lubricantes o

²⁷² Cannon, Walter B. (1953), p. 296.

²⁷³ Cannon, Walter B. (1953), p. 300.

como regulador de la temperatura), y, sobre todo, la constante pérdida que de ella se sufre a través de la transpiración, la vaporización y la orina:

Que dicho mecanismo exista es un indicador de que todas nuestras funciones esenciales para la preservación individual y de la especie no son controladas por la memoria o la volición, sino por insistentes sensaciones y deseos. La desagradable sensación de sed nos lleva a beber. Como quiera que sea, no es a este aspecto subjetivo de arreglos automáticos al que un fisiólogo dirige su atención. En realidad, éste se interesa por los estados del cuerpo que hacen surgir tal sensación. El control automático sólo puede ser explicado cuando tales estados y sus relaciones con las necesidades del organismo se conocen.²⁷⁴

Cannon se apoyó en el estudio de un geólogo americano llamado William John McGee (1853-1912), quien hablaba de cinco etapas en la progresión de la sed antes de que una persona muera deshidratada. La primera consiste en una sequedad en la boca; es la que se experimenta normalmente y se vence con un poco de agua, tragando un poco de saliva acumulada, comiendo alguna fruta o masticando sustancias insolubles. En la segunda etapa, se percibe una sensación pegajosa en la boca y la garganta, el aire que se respira se siente caliente y la lengua se pega a los dientes o al paladar. Parece como si un bulto apareciera en la garganta y se dan espasmos en ella, como queriendo llevarlo hacia abajo. Incluso en esta etapa la sed se puede aliviar tragando saliva habitualmente o con sorbitos de agua. “Las otras tres etapas descritas por McGee, en las que los párpados se endurecen sobre el glóbulo ocular creando una invidente mirada fija, la lengua se endurece con un insensible peso y la miserable víctima es presa de espejismos de lagos y arroyos, son tan patológicas que no son de nuestro interés.”²⁷⁵ De hecho, lo que le interesa resaltar a Cannon es la sequedad de la boca y garganta mientras sobreviene la sed.

Lo primero que intentó identificar, al igual que hizo con el hambre, fue si ésta tiene una naturaleza local o general. Se dio cuenta de que la sensación de sequedad en la boca y la garganta es universalmente compartida, pero cree que los estudios fisiológicos se han centrado en asociar esta sensación con la necesidad del cuerpo que la acompaña: “aparentemente como la necesidad es general, la sensación se ha supuesto general y la sed que todo el mundo experimenta y conoce se ha clasificado como un segundo

²⁷⁴ Cannon, Walter B. (1953), p. 302.

²⁷⁵ Cannon, Walter B. (1953), p. 303.

fenómeno o una referencia periférica al cambio central [la falta de líquido]”²⁷⁶. Una de las razones que le llevó a pensar que su origen podía ser general fue que, sin tener que beber agua, sino inyectando líquido de forma intravenosa, se consigue evitar esta sensación. Sin embargo, la sed, al igual que el hambre, parece tener también un efecto muy localizado. Por ello, quiso ahondar más en el problema. Dado que la sensación característica es la de “boca seca”, era razonable buscar la relación de la sed con la producción de saliva por las glándulas salivales. El experimento que Cannon realizó consistía en dejar de beber líquido la noche anterior, desayunar cereales, tomar un bocado a media mañana de pan seco y no volver a beber hasta más adelante durante el día. Por otro lado, durante todo este tiempo el paciente masticaba una goma insípida para generar saliva, depositarla en un recipiente y medirla en centímetros cúbicos. Al comienzo de la mañana se comprobó que la cantidad de saliva secretada era uniforme (14,1 cm³); según iban pasando las horas, descendía notablemente, y hacia las dos de la tarde bajaba hasta alcanzar 6 cm³. Entre las dos y las tres se bebía un litro de agua y en la siguiente medición volvían a restablecerse los índices de saliva secretada. De aquí Cannon dedujo que la sensación de sed está motivada por la reducción de saliva y que una vez cubierta la necesidad de líquido, ésta se restablece (incluso cuando en lugar de ser bebido sea suministrado de forma intravenosa)²⁷⁷. Pero va más allá y muestra que la sensación de sed también surge cuando sobrevienen situaciones de miedo o angustia.

3.4.3. Estudios sobre los efectos de las emociones en el organismo

Tanto los estudios sobre los efectos de la adrenalina como los del hambre y la sed anteriormente enumerados coinciden en el tiempo. Aunque se realizan por separado y bajo distintas líneas de investigación y con diferentes colaboradores, lo cierto es que todos convergen en una nueva concepción de los efectos que las emociones tienen sobre los cambios internos del organismo. Estas investigaciones, cuyo comienzo puede situarse en 1911, tienen su primera compilación en 1915 en el libro *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: An account of recent researches into the function of emotional excitement*. Fue con la serie de experimentos arriba mencionados con los que

²⁷⁶ Cannon, Walter B. (1953), p. 315.

²⁷⁷ En la actualidad se sabe que los osmorreceptores del cuerpo carotídeo y la aorta también son importantes en la sensación de sed, al detectar una osmolaridad plasmática elevada por la pérdida de líquido.

Cannon descubrió que los diferentes estados emocionales pueden afectar al funcionamiento del cuerpo humano. Todos los procesos descritos son modificados por factores externos, como el hambre, el miedo, el enfado y el dolor, creando respuestas evidentes:

La contracción de los vasos sanguíneos conlleva palidez, la emanación de `sudor frío`; dejar de salivar hace que `la lengua se adhiera al paladar de la boca`; la dilatación de las pupilas, los pelos erizados, el rápido latido del corazón, la respiración acelerada, el temblor y contracción muscular, especialmente en los labios: todos estos cambios del cuerpo son bien conocidos en cuanto complementos de una gran alteración emocional como el horror, la furia y el disgusto profundo.²⁷⁸

Sin embargo, hay otros órganos que, por estar ocultos dentro del cuerpo, no manifiestan perceptiblemente la manera en la que son afectados por este tipo de situaciones. Son esas modificaciones las que Cannon consiguió analizar, partiendo del terreno que mejor conocía, o sea, aquellos factores que tenían que ver con el aparato digestivo (secreción de saliva, jugos gástricos, movimientos intestinales, glándulas, etc.), explorando más adelante el papel de la inervación de las glándulas suprarrenales cuando sobreviene alguno de estos estados. Como se ha visto, descubrió que, en las situaciones de emergencia, la adrenalina desempeña un papel importante en los cambios que suceden en el organismo. Pero lo más destacable es la consolidación que estos estudios dan a la posición teleológica que asume. Estos cambios deben suceder por una razón, por tanto, para poder postular una teoría sólida, primero tenía que dar respuesta a una serie de cuestiones:

¿Por qué una función tan importante para el cuerpo como es la digestión se detiene con el estrés emocional? ¿Por qué la sangre en momentos de dolor o estrés cambia de los órganos abdominales al corazón, el cerebro, los pulmones, el sistema nervioso y los músculos esqueléticos? ¿Cuál era la razón de la liberación de azúcar por parte del hígado a la sangre? ¿Tenía algún sentido que la adrenalina ayudara a los músculos a recuperarse cuando estaban cansados? ¿Había alguna circunstancia en la que una coagulación más rápida tuviera algún valor para el organismo? Y quizá lo más importante: ¿por qué estos efectos son reflejos y no son voluntarios?²⁷⁹

Intentando resolver dichas cuestiones, Cannon elaboró su propia teoría, que más adelante será conocida como “teoría de la emergencia” (*Emergency Theory*). No lo hizo

²⁷⁸ Cannon, Walter B. (1953), pp. 2-3.

²⁷⁹ Beninon, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 310.

partiendo únicamente de los experimentos que realizó sobre la adrenalina, el hambre y la sed, sino que también se vio influido por dos personajes que previamente habían prestado atención a las emociones: Charles Darwin y William McDougall.

Charles Darwin había publicado en 1874 la obra: *La expresión de las emociones en el hombre y los animales*²⁸⁰. En ella hacía un análisis moderno, incluso contemplado desde la actualidad, sobre lo que hoy podría catalogarse como lenguaje no verbal. Uno de los descubrimientos que hace es que, pese a que sus observaciones las realiza sobre personas de distintos sitios del mundo, y en algunos casos con poca relación con la cultura europea, lo cierto es que emociones como el miedo, la confianza, la sorpresa, la duda o la inquietud se expresan con el rostro o con el cuerpo de manera muy parecida. Muchas de las expresiones son actos reflejos que no pueden controlarse y que afloran en situaciones de excitación, influyendo en el nervio periférico que pone en movimiento músculos u órganos con independencia del hábito. Es muy probable que Cannon aceptase ciertas ideas de Darwin, por ejemplo, que “Esta transmisión involuntaria de fuerza nerviosa puede ir acompañada de conciencia [...]; cuando el sistema espinal está muy excitado y la fuerza nerviosa se genera en exceso, puede ser utilizada en sensaciones intensas, actividad pensante, movimientos violentos o aumento de la actividad glandular”²⁸¹. Para Cannon, estas modificaciones, que acontecen en el cuerpo y que muestran su faceta exterior a través de las expresiones involuntarias, también generan consecuencias en los órganos internos, pero con la finalidad de salvaguardar la integridad orgánica en situaciones de emergencia: “Desde ese punto de vista, tales perturbaciones, que de forma inmediata se apoderan y dominan los órganos que en momentos de calma son normalmente controlados por la función autónoma de los pares craneales, son reacciones del cuerpo que deben ser de suma importancia para la vida”²⁸².

En este sentido, coincide con Darwin en que ciertas emociones se expresan mediante palidez, sudoración, temblores, etc., que acentúan la manifestación de los sentimientos, pero que en realidad no tienen tal fin, sino que son carácter involuntario: una serie de movimientos musculares ocasionados por una actividad fisiológica no predeterminada por la voluntad del individuo. Como se ha visto, Cannon llegó más allá,

²⁸⁰ Darwin, Charles (1984): *La expresión de las emociones en el hombre y los animales*, Alianza Editorial, Madrid.

²⁸¹ Darwin, Charles (1984), p. 99.

²⁸² Cannon, Walter B. (1953), p. 335.

enunciando aquellos efectos que no son perceptibles por suceder internamente. En cualquier caso, se sentía atraído por la idea darwinista de que esta forma visible de expresión podría ser un mecanismo evolutivo que permite identificar estrategias que tiene el individuo (y la especie) para la supervivencia de manera innata. Para el naturalista inglés, las emociones son automatismos hereditarios del desarrollo filogenético que se han perpetuado gracias a su utilidad en la lucha por la supervivencia. No obstante, Darwin parece ser precavido y hacia el final de su libro considera que la participación voluntaria puede acentuar o atenuar una emoción y puede darle una carga social: “muchas de nuestras expresiones están conectadas de forma tan estrecha a su representación que es difícil que puedan existir si el cuerpo se mantiene pasivo, dependiendo sobre todo de la naturaleza de la expresión de aquellas acciones que se hayan ejecutado habitualmente bajo ese estado particular de ánimo”²⁸³.

Del psicólogo William McDougall (1871-1983), Cannon tomó la teoría que aquél expone en su libro *Una introducción a la psicología social* (1908). En ella se muestra cómo una persona cuenta ya con tendencias innatas que se anteponen al pensamiento y a la acción, siendo la base en la que los individuos (y las sociedades) forjan su carácter y voluntad, desarrollándolas como guía de sus facultades intelectuales. Estos instintos son más o menos acentuados en función de aquellos aspectos sociales que marcan el contexto en el que se desenvuelve el sujeto, aunque es probable que sean comunes a todos los hombres independientemente de la raza y la edad (si bien su fuerza es mucho menos influyente en el ser humano que en animales inferiores). Sin embargo, McDougall pensaba que el concepto de *instinto* había sido tan utilizado que comenzaba a resultar poco claro, y pretendió darle una dimensión científica: “Cientos de pasajes pueden ser citados de autores contemporáneos, algunos incluso con una considerable cultura filosófica, para ilustrar cómo estas dos palabras [*instinto* e *instintivo*] eran usadas con un significado mínimo, generalmente con el efecto de disfrazar la oscuridad e incoherencia del pensamiento del autor”²⁸⁴. Ya que para McDougall un instinto es un proceso físico, pero también psicológico, o sea que es parte de un proceso mental, debe contar con tres componentes: “cognitivos, afectivos y conativos”. Por tanto, todo acto instintivo conlleva el conocimiento del objeto, el sentimiento que se guarda respecto a éste y un impulso de atracción o rechazo hacia el

²⁸³ Darwin, Charles (1984), p. 251.

²⁸⁴ McDougall, William (2001): *An Introduction to Social Psychology*, Batoche Books, Kitchener, p. 27.

mismo. Pero cada uno de los procesos instintivos tiene su origen en el concepto de *impresión*, que a su vez es la causa de una sensación o un grupo de sensaciones: “Creemos justificable considerar que cada tipo de conducta instintiva es siempre producido por una excitación emocional, que aunque sea débil, en cada caso influye sobre una peculiar o específica conducta”²⁸⁵.

Cannon se vio especialmente influido por esta idea, porque el psicólogo inglés consideraba que sentimientos como la furia o el miedo inducen una respuesta por parte del organismo de predisposición para atacar o escapar. En el caso del miedo, opinaba que era originado por “el instinto de huir del peligro [el cual] es necesario para la supervivencia de casi todas las especies; en la mayoría de los animales superiores este instinto es uno de los más poderosos”²⁸⁶. Dicho sentimiento hace que los animales o el ser humano sean capaces de realizar actos más allá de sus fuerzas, como ocurre al huir de una bestia salvaje, consiguiéndose subir por una pared a la que no se podría trepar en una situación normal. La furia, pensaba McDougall, tiene su origen en oposición a la realización de una acción con libertad, o sea que su origen radica en la obstrucción que surge al deseo de satisfacer otro instinto. Su consecuencia es el impulso de evitar esa obstrucción y destruir cualquier objeto que se opone a tal deseo. Por ejemplo, cualquier organismo será presa de esta reacción cuando se le retira la comida: un perro se enfurecerá si se le quita su hueso y un bebé si se le interrumpe su alimentación. “Vemos que, entre los animales, incluso el miedo puede dar pie a ella [la furia] cuando la presa ha sido acorralada. Por ejemplo, cuando su impulso de huir es impedido, su conducta será dar la vuelta y enfrentarse a sus perseguidores furiosamente, hasta que se le presente una oportunidad de escape.”²⁸⁷

Cannon partió de las ideas de Darwin y McDougall y sostuvo que las emociones de furia o miedo parecen estar presentes para que el organismo canalice una reacción de lucha o huida. Una delicada madre que ve en peligro a su hijo es capaz de defenderlo a toda costa porque el sentimiento de enfado aflora. También los efectos físicos de estos sentimientos, como son el enrojecimiento del rostro u otras expresiones faciales, parecen tener una relación innata que forma parte de la evolución de la especie. Por tanto, la expresión externa de los sentimientos, la posibilidad de que ellos sean el

²⁸⁵ McDougall, William (2001), p. 32.

²⁸⁶ McDougall, William (2001), p. 44.

²⁸⁷ McDougall, William (2001), p. 50.

anuncio de una posible lucha o huida y la relación que guardan con la serie de procesos que acontecen en el interior del organismo (evidencia obtenida a partir de los experimentos arriba enumerados), llevan a Cannon proponer su propia y más profunda teoría de las emociones.

Otro ejemplo que puedo citar es la interpretación del significado de los cambios corporales que ocurren en las grandes excitaciones emotivas, tales como el miedo y la ira. Estos cambios —el pulso acelerado, la respiración profunda, el aumento del contenido de azúcar en la sangre, la secreción de las glándulas suprarrenales— eran muy disímiles y parecían totalmente separados. Una noche de insomnio, después de haber estudiado una colección de tales cambios, cruzó por mi mente la idea de que armonizaban perfectamente si se los consideraba como una preparación del cuerpo para un esfuerzo supremo, en la lucha o en la fuga. Investigaciones subsiguientes ampliaron la colección [de pruebas] y confirmaron el cuadro general sugerido por la revelación.²⁸⁸

Cannon fue más allá que Darwin y McDougall porque consiguió relacionar la evidencia fisiológica obtenida de sus experimentos con las emociones. Por eso se centró en los efectos que no son visibles y que suceden en el interior del cuerpo, pero que también buscan predisponer al mismo para actuar en correspondencia con los sentimientos que afloran (el miedo y la furia) y que son perceptibles externamente. De ser cierto que el organismo debe estar organizado de forma que pueda luchar o huir, le es necesario obtener una carga extra de energía.

La evidencia que aquí se ha mostrado parece sugerir que cada grado de alta excitación sobre el sistema nervioso central, ya sea cuando se siente enojo, terror, dolor, ansiedad, alegría, pena o una profunda molestia, tiende a sobrepasar el umbral de la división simpática y afectar las funciones de los órganos que ese filete nervioso inerva.²⁸⁹

Cannon llega a hacer una comparación de lo que sucede en el organismo con lo que acontece en una guerra en la que la industria y el arte, que en momentos de paz benefician a su sociedad, tienen que dejarse de lado para poder dedicar todas las energías al conflicto bélico: “de igual forma, las funciones que en tiempos de calma estabilizan y sustentan las reservas del cuerpo, en momentos de estrés, al instante deben

²⁸⁸ Cannon, Walter B. (1965), pp. 59-60.

²⁸⁹ Cannon, Walter B. (1953), pp. 344-345.

frenarse o detenerse y poner estas reservas al servicio del poder en el ataque y en la defensa o la huida”²⁹⁰.

La preservación de uno mismo es algo esencial, y en ello descansa también la supervivencia de la especie, así que para conseguirla el organismo debe poner a todas sus reservas en acción e incluso suspender ciertas actividades orgánicas por el bien de la vida. El ejemplo más común que Cannon descubrió desde el comienzo de sus investigaciones es la suspensión de la actividad digestiva durante estos momentos. No es el único. Cannon también se refiere a la supresión de la actividad y el deseo sexual. Sin embargo, este ahorro de actividad sólo puede ser momentáneo. Si la situación se prolongara, nuevamente el cuerpo se vería en peligro por no poder mantener la adquisición de los nutrientes que le garantizan la vida. Como forma de alarma, surgen el hambre y la sed para que el organismo recupere esas reservas que puedan llegar a ser necesarias nuevamente en una situación de emergencia. Tanto el hambre como la sed son sensaciones tan fuertes que a diferencia de otras “uno no se acostumbra a ellas y no puede desatenderlas por su monotonía”²⁹¹. Por tanto, los momentos de emergencia que disponen al cuerpo para luchar o huir tienen un límite, pues el organismo debe, en algún momento, recuperar el estado que le brinda la posibilidad de crear reservas para una futura situación de emergencia. Esto es claramente un proceso homeostático (al igual que todos los procesos de los que habla en su libro). Cannon ya en ese momento se encuentra preparado para establecer el concepto, pues ha conseguido recabar una serie de evidencias que podrían ayudarle a introducirlo, pero desvía su atención a esta línea de trabajo, para centrarse en los estudios del choque hipovolémico que a continuación se comentarán; análisis que, por otro lado, le ayudará a consolidar la idea de homeostasis de forma más sólida.

Para terminar este apartado, hay que decir que la teoría de las emociones postulada por Cannon sustituye a la de William James²⁹². Aunque todo parece indicar

²⁹⁰ Cannon, Walter B. (1953), p. 336.

²⁹¹ Cannon, Walter B. (1953), p. 340.

²⁹² En realidad, se conoce como teoría de *James-Lange* (Carl George Lange, 1834-1900), porque es muy similar en los dos autores y fue creada por ambos simultáneamente, aunque de manera independiente. No obstante, Cannon no menciona a Lange y es probable que sus apelaciones hayan sido dirigidas a William James, dada la cercanía de este en su vida. James fue profesor de filosofía de Cannon y le influyó tanto que estuvo a punto de estudiar filosofía en lugar de medicina. Fue el mismo James quien le dijo: “no lo haga, se le llenará el estómago de viento del este”. Sin embargo, la vida compartida con el psicólogo y filósofo norteamericano estuvo llena de encuentros y alejamientos. Quizá los distanciamientos más importantes se debieron a la teoría de Cannon sobre las emociones y a la defensa que hacía de la

que la percepción de algunos hechos puede excitar esas afecciones a las que se conoce como emociones, y que éstas, después, dan lugar a una serie de expresiones corporales, para el psicólogo norteamericano, en realidad los estímulos o hechos motivan a las expresiones corporales a manifestarse y son ellas las que dan lugar posteriormente a las emociones. Él mismo considera que es lógico pensar que cuando alguien ve a un animal salvaje, se sienta atemorizado y acto seguido salga corriendo. Sin embargo, defiende que “[...] el orden de esta secuencia es equivocado, que el estado mental no es inmediatamente inducido por lo otro [el hecho], sino que las manifestaciones corporales tienen que interponerse entre ellos [el hecho y la emoción] y que es una postura más racional el defender que nos sentimos tristes porque lloramos, molestos porque atacamos, miedosos porque temblamos y no que lloramos, atacamos o temblamos, porque estamos tristes, enfadados o asustados, según lo que sea el caso”²⁹³. Matizando la explicación, Cannon le llevó la contraria, de una forma muy diplomática, pues James había sido su profesor de instituto, y adujo que si lloramos, sentimos rabia, temblamos de miedo, etc., “es porque dentro de nuestro organismo los nervios liberan cargas en el aparato simpático que influyen en las distintas vísceras, incluyendo las glándulas lagrimales”²⁹⁴ y esto es lo que genera que tales órganos a su vez den lugar a los síntomas que pueden verse expresados de manera externa cuando se tiene miedo, tristeza o furia.

3.4.4. Estudios sobre el shock traumático

En 1914 comenzó la Primera Guerra Mundial, y la Universidad de Harvard, durante los años que siguieron a su estallido, contaba ya con una de las escuelas de medicina más destacadas de América por sus contribuciones a la ciencia médica a través de su actividad investigadora. En aquellos momentos Cannon no estaba muy dispuesto a tomar partido sobre aspectos referentes a la Gran Guerra y, de hecho, se mantuvo todo lo lejos que pudo de ella. En realidad, el ambiente en Harvard al comienzo de la guerra era también distante, ya que había dos posiciones ideológicas: por un lado las personas

vivisección y el uso de animales en experimentos para investigación científica, de la que James era un gran detractor.

²⁹³ James, William (1890): *The principles of Psychology*, p. 305, .cita extraída de <http://www.bahaistudies.net/asma/principlesofpsychology.pdf>, p. 305.

²⁹⁴ Cannon, Walter B. (1914): “The Interrelations of Emotions as Suggested by Recent Physiological Researches”, *American Journal of Physiology*, 25, p. 280.

que por contactos de índole académico o científico tenían relación con profesores e investigadores alemanes con los que mantenían estrechos lazos; y también estaban aquellos a los que simplemente les parecía un horror cualquier acto bélico. Se podría decir que Cannon se encontraba en medio de ambas posturas. Conforme avanzaba la guerra, los profesores de Harvard empezaron a mostrarse más participativos. Hacia 1916 era claro el espíritu belicoso que había crecido en la universidad. Henry James, del *Rockefeller Institute*, ofreció a Cannon la posibilidad de ayudar a Alexis Carrel²⁹⁵ (1873-1944) en Francia, interviniendo en una investigación sobre el shock²⁹⁶. Cannon alegó que no se encontraba preparado para afrontar esta tarea, por lo que Henry James decidió ofrecerle esta posibilidad a William T. Porter, quien sí accedió.

La situación no duró mucho para Cannon. Más adelante se le sugirió otra tarea que esta vez no pudo rechazar. “En octubre, cuando El Consejo [Nacional de Investigación] le solicitó que se convirtiera en el jefe de un comité especial de fisiología que desarrollaría programas de investigación que mantuvieran la vida y salud de las fuerzas armadas, así como de la población en general, finalmente aceptó”²⁹⁷. La nueva situación resultó ser un paréntesis en la línea de investigación que estaba desarrollando. Así quiso comentarlo un par de veces en sus memorias: “De los cuarenta y seis a los cincuenta y un [años] me ocupé de los daños ocasionados por el shock (una incursión debida a la guerra)”²⁹⁸. Sin embargo, es probable que sin los conocimientos acumulados hasta ese momento no hubiera llegado a ciertos postulados interesantes sobre la naturaleza del shock. Posteriormente, estos estudios que hace durante la guerra europea volverán a aflorar cuando se centre de nuevo en sus investigaciones sobre el sistema nervioso autónomo y el sistema simpático adrenal. En cualquier caso, el resumen de su travesía científica por la cuestión del shock se resume en su libro *Traumatic Shock*²⁹⁹, publicado en 1923.

Una vez a cargo del mencionado comité, rápidamente comenzó a perfilar una serie de prioridades en los programas de investigación. Por mencionar algunas, se incluían: el estudio del shock sanguíneo, de la irritación del corazón de los soldados o

²⁹⁵ Ya para entonces Carrel había ganado el Premio Nobel de Fisiología por sus trabajos sobre la sutura vascular y el trasplante de vasos sanguíneos y órganos.

²⁹⁶ En español se conoce como choque hipovolémico, pero a lo largo de este trabajo se empleará simplemente *shock*.

²⁹⁷ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), pp. 388-389.

²⁹⁸ Cannon, Walter B. (1965), p. 218.

²⁹⁹ Cannon, Walter B. (1923): *Traumatic Shock*, D. Appleton and Company, New York.

de la fatiga en los trabajadores de munición. De entre todas estas cuestiones, parecía que el tema de mayor importancia era el del shock. Entre mayo de 1917 y enero de 1919 Cannon intervino como investigador en la guerra. El trabajo sobre el shock fue en realidad una labor en colaboración que reunió a los fisiólogos más importantes de Europa y de Estados Unidos. Y aunque su estancia en Europa duró dos años, a su regreso prosiguió sus trabajos durante tres años más. A continuación se hará un breve recuento de los estudios que llevó a cabo.

Como Cannon nunca había tratado por sí mismo a pacientes con esta dolencia, lo primero que hizo fue buscar literatura al respecto. Encontró el caso analizado por Hermman Fischer en 1870³⁰⁰ de un paciente que, arroyado por un carro, resultó con heridas graves causadas por los caballos que pasaron por encima de él. Dicho paciente presentaba algunos síntomas como palidez, falta de sensibilidad, un pulso muy suave pero muy veloz, una apresurada y profunda respiración, entre otros; síntomas que coincidían con los expuestos por el cirujano francés Ambroise Paré, quien también había estudiado el shock: “la palidez, un húmedo y repentino sudor, la debilitación del pulso, una sorpresiva caída del cuerpo sobre la tierra, sin sentido ni movilidad, un frío que se apodera de todo el cuerpo que hace que un paciente parezca más muerto que vivo. La mayoría de los que sufren el shock mueren, a menos que reciban ayuda al instante”³⁰¹. En cualquier caso, en aquella época todavía se sabía poco sobre las causas por las que un sujeto entraba en shock: “Me parece que en un tema tan complejo como el shock, la definición no es el principal objetivo. Lo importante es obtener una descripción cuidadosa de los hechos observados”, dejó escrito Cannon³⁰². En verdad, el término es usado en una serie amplia de heridas, y generalmente cuando estos síntomas parecen que sobrevienen por sorpresa:

La forma en la que el concepto [shock] se emplea en este monograma no implica un comienzo repentino. Al contrario, aunque necesitemos un mayor análisis para ajustar su significado, debe entenderse que los síntomas descritos en los siguientes párrafos — síntomas que son más o menos persistentes y que no llevan a una inmediata muerte— están comprendidos en el término *shock*, se presenten de repente o no.³⁰³

³⁰⁰ Cannon, Walter B. (1923), p. 1. Cita del artículo Hermann, Fischer (1870): “Über den Shok”, *Sammlung Klinischer Vorträge*, 1, pp. 68-78.

³⁰¹ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 3.

³⁰² Cannon, Walter B. (1923), p. 1.

³⁰³ Cannon, Walter B. (1923), p. 3.

Este dato es de vital importancia, porque cuando Cannon llegó a Europa percibió que muchos de los pacientes al comienzo no mostraban dichos síntomas. Era más adelante, después de descansar y relajarse, cuando los síntomas afloraban. Cannon, por ejemplo, presencié el caso de un soldado que perdió un brazo por el estallido de una bomba. Al comienzo su pulso y apariencia parecían serenas, pero después de la jornada se encontraba sumido en un profundo estado de shock. Por esta razón, se hacía referencia entonces a dos tipos de heridas: aquellas que causaban un daño de shock primario, que si no se atienden inmediatamente provocan la muerte del paciente en poco tiempo—suelen ser causadas por heridas muy graves que deben atenderse quirúrgicamente al momento—; y el daño de shock secundario, que, en cambio, es parecido al caso del soldado que pierde el brazo, en donde el shock se manifiesta horas más tarde.

Uno de los síntomas más importantes del shock es la baja tensión arterial. Medir la tensión arterial hoy en día es sencillo, pero entonces estaba sólo al alcance de aquellos médicos o cirujanos más capacitados, como fue el caso de Harvey Cushing (1869-1939). Aunque en esa época era una técnica poco usada en Estados Unidos, el programa de educación del departamento de Fisiología del que Cannon era jefe en Harvard incluía prácticas del método de medición de tensión sanguínea en animales anestesiados que desarrolló Carl Ludwig, y otras técnicas con un esfigmomanómetro para estimar la presión en humanos. En cualquier caso, Cannon no estaba muy bien formado en técnicas de auscultación o medición de la tensión sanguínea. Al llegar al área de *triage* (*Casualty Clearing Station*)³⁰⁴ n.º 33 y n.º 23, en Béthune, Francia, sobre la marcha tuvo que ponerse al día tratando a los distintos heridos que llegaban. La baja tensión sanguínea era un síntoma importante del shock que parecía ser la causa de otros: “Un número de otros fenómenos, tal como son la alteraciones debidas a una baja circulación, la sed y la rápida respiración superficial, desaparecen cuando la tensión arterial se recupera debido a una transfusión o por la infusión de otra solución”³⁰⁵.

Cannon se dio cuenta de que para buscar el origen del descenso de la presión arterial se tenía que comenzar con el análisis de los hechos que propician que el cuerpo

³⁰⁴ Es la forma con que el ejército inglés nombra a los centros de cuidado de militares heridos en el campo de batalla. Suelen estar situados detrás de las líneas de fuego. En español el término francés *triage* se usa especialmente en urgencias para señalar las zonas en las que se hace una selección de los heridos que deben ser tratados con prioridad, frente a aquellos otros que pueden esperar más tiempo a ser atendidos.

³⁰⁵ Cannon, Walter B. (1923), p. 10.

mantenga una presión normal. El primer factor es que el corazón lata con eficiencia, pues en caso de disminuir tenuemente su ritmo, la tensión disminuye. Por tanto, una razón podría ser cardíaca. La segunda opción tiene que ver con la actividad nerviosa periférica. Las arterias cuentan con un tono muscular que las contrae cuando el sistema vasomotor central manda la señal. Si este sistema se ve afectado, el tejido liso de los músculos de las arterias no se contrae con normalidad. Cuando esto acontece, el sangrado de las arterias desborda los capilares —pues la presión es más alta de la que las venas pueden recibir— y, finalmente, esto también es causa del descenso de la tensión sanguínea. El tercer factor simplemente está basado en el volumen de sangre en el cuerpo. Las arterias suelen contraerse compensando la pérdida de sangre, pero una vez que su límite ha sido alcanzado, cualquier pequeña disminución del volumen sanguíneo —que debería mantenerse en los límites de la capacidad mínima de los vasos— ocasiona que no exista suficiente volumen para llenar estos canales, lo que conduce a que la tensión disminuya. Para Cannon estos tres factores estaban relacionados con la pérdida de presión sanguínea, pero cuanto más comprendía el problema, se daba cuenta de que los tres factores estaban interrelacionados y básicamente tenían su origen en el tercero. Cuando disminuye el volumen de sangre, el sistema vasomotor se relaja permitiendo la fuga de la sangre de las arterias a los capilares y haciendo que disminuya también la distribución de sangre en los órganos, entre ellos el corazón, lo que conlleva el fallo de tales órganos. Es la principal razón de que el corazón comience a bombear sangre de forma irregular creando un círculo vicioso que agrava el estado de shock.

La presión arterial baja en estado de shock, tanto experimental, como clínico, se explica por una disminución del volumen de sangre, una disminución de la cantidad del fluido que circula. Sin embargo, en las primeras etapas de shock secundario la disminución de volumen puede que no esté asociada a una reducción de la presión arterial. La única manera en la que la presión se puede mantener cuando la circulación del fluido es pequeña es por una disminución de la capacidad del sistema circulatorio. Esta disminución de la capacidad, como ya se ha señalado, es la consecuencia de una mayor actividad del centro vasoconstrictor, causando mayor contracción de los vasos periféricos. Cuando la presión de la sangre comienza a disminuir puede haber también contracción pasiva de estos vasos, porque ya no se distienden por la presión interna que normalmente prevalece. Cuando el desarrollo del shock persiste hay una caída de la presión arterial por debajo de los límites de variación normal, una caída que se explica por la reducción del volumen de sangre debajo de la capacidad mínima del sistema y

por una última relajación del tono vascular mientras que el sistema vasomotor se vuelve menos activo.³⁰⁶

Otra de las cosas que descubrió Cannon, cuando comenzó a tratar pacientes reales de los campos de batalla que resultaban gravemente heridos, fue que en muchos de los casos, al hacer la autopsia, el abdomen estaba encharcado de sangre. Parecía una situación completamente ajena a la lógica, pues si el descenso de la tensión sanguínea se debe a la disminución del volumen de sangre causado por una hemorragia, el cuerpo debería salvaguardar esa tensión en lugar de permitir que se derrame en la zona esplácnica. Pues bien, el caudal de sangre es obviamente muy importante en el suministro de oxígeno a los tejidos, dado que cada glóbulo rojo es un portador de moléculas fundamentales para la vida. Si se reduce el volumen de sangre, es obvio que los tejidos se ven peligrosamente expuestos a un suministro insuficiente de oxígeno y su desgaste puede ocasionar más hemorragias. Intentado resolver el enigma, Cannon rescató parte de la idea que había concebido sobre las interrelación entre las glándulas suprarrenales y las sensaciones, dentro de lo que más adelante terminaría llamando “teoría de la emergencia”. Creía que existía suficiente evidencia para considerar que la presión sanguínea en todo el cuerpo no se distribuye de igual manera: “El efecto, por lo tanto, de una constricción periférica que cierra el volumen de flujo de las estructuras periféricas sirve para mantener un flujo de volumen adecuado en los órganos esenciales [el corazón, el cerebro, los pulmones y el sistema nervioso]”³⁰⁷. Una situación que el cuerpo puede sostener por un tiempo, pero que de no corregirse lleva a un desbordamiento total, afectando también a los órganos primordiales, causando daños como el encharcamiento de la zona esplácnica.

El descubrimiento de la sangre estancada estuvo acompañado por otro: el gran nivel de acidez que había en la sangre de estos pacientes en el momento de su muerte. “Durante el verano de 1917, en Béthune, hice uso del método y aparato recientemente descritos por Van Slyke³⁰⁸, y obtuve estimaciones del bicarbonato de sodio o reserva alcalina del plasma sanguíneo en los heridos que sufren de la baja presión arterial que acompaña al shock, las hemorragias y la gangrena gaseosa. [...] las lecturas por debajo

³⁰⁶ Cannon, Walter B. (1923), p. 48.

³⁰⁷ Cannon, Walter B. (1923), p. 49.

³⁰⁸ Donald Dexter Van Slyke (1883-1971), bioquímico americano- holandés.

del rango normal son marcadas como acidosis.”³⁰⁹ Analizó los casos de soldados con acidosis y comprobó que aquellos que tenían una reserva alcalina baja también presentaban una tensión arterial sistólica baja, a la vez que el ritmo respiratorio aumentaba. De ello se podían concluir dos cosas: 1) que la respiración excesiva debida a la necesidad de oxígeno puede tener un efecto de pérdida anormalmente grande de dióxido de carbono del cuerpo y que, a partir de ello, el álcali pasa fuera de la sangre para compensar la alcalosis desarrollada; y 2) si existe un exceso de álcali, la tendencia de los tejidos y de los riñones, en caso de que haya suficiente presión sanguínea que les permita actuar de manera eficaz, será la de eliminar ese exceso en el torrente sanguíneo. En cualquier caso, pensaba Cannon, lo que se esconde en esta situación es una necesidad de oxígeno que no es satisfecha por la baja presión arterial: “La evidencia muestra que en cuanto el shock acontece, en la mayor parte del cuerpo el flujo de sangre reduce mucho su volumen. Esta reducción se vuelve más marcada cuando la presión arterial cae por debajo de un nivel crítico y, a continuación, el grado de alcalinidad de la sangre comienza a disminuir. Todo esto lo hemos interpretado como el efecto de una entrega deficiente de oxígeno a los tejidos”³¹⁰. Por tanto la acidosis y la presión sanguínea están inversamente relacionadas, pues esta última lo está con el volumen sanguíneo como se ha mostrado. “Se hace difícil pensar en una causa del shock que no sea la propia hemorragia.”³¹¹

Esta es una de las razones por las que las transfusiones de sangre desempeñaron un papel importante en las investigaciones de Cannon. Para mantener la presión sanguínea se habían establecido algunos sistemas como el inyectar directamente a la vena una solución sanguínea caliente, e incluso sustancias como la adrenalina. El uso de la adrenalina tenía su base en que sirve para constreñir las arterias, siempre que éstas estén inervadas por el simpático. En todo caso, esto mejoraba momentáneamente a los pacientes, pero después volvían los síntomas. Cannon, por su parte, creía que tenía que usar un vasoconstrictor en las venas de los órganos afectados, pensando que esto ayudaría a que la sangre siguiera circulando en lugar de estancarse en ese área. La sustancia que sugirió para su uso era la pituitrina, pues considera que “actúa constriñendo el músculo liso de las arterias de todo el cuerpo y tiene un efecto más

³⁰⁹ Cannon, Walter B. (1923), p. 53.

³¹⁰ Cannon, Walter B. (1923), p. 74.

³¹¹ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 17.

duradero que la adrenalina”³¹². El incremento de la presión se debe a que el músculo de las arterias aumenta su resistencia, en consecuencia la sangre se acumula más por la dificultad de su salida y esta acumulación permite un mejor fluido hacia el músculo del corazón y los vasos cerebrales. En cualquier caso, este efecto también dura poco tiempo.

Una de las recomendaciones más efectivas era la de elevar el volumen sanguíneo. Para ello también se usaron varias técnicas. Entre ellas la más simple consistía en dar de beber agua a los pacientes. Esto funcionaba bien, pero muchas veces, como efecto del shock, sobrevenían vómitos. Por tanto, se administró líquidos por el recto, ya que el tracto digestivo suele absorberlos rápidamente y llevarlos a la sangre. También se usó una serie de sustancias para mejorar el volumen sanguíneo: “Este hecho se basa en tratar la baja presión de la sangre intentando incrementar el fluido aunque la solución [administrada] sea incapaz de llevar oxígeno o dióxido de carbono”³¹³. Entre ellas se inyectó bicarbonato de sodio para incrementar la reserva alcalina y contrarrestar la acidez ocasionada por el bajo contenido de oxígeno capilar y el aumento de dióxido de carbono. Willaim Bayliss consiguió demostrar experimentalmente que una solución de "goma-sal" podía restaurar la presión arterial perdida por la eliminación del volumen de sangre. Ahora sabemos que la infusión de sustancias de alto peso molecular como el dextrán, la albúmina, etc., que cuentan con poder osmótico, se puede utilizar con el mismo objetivo de recuperar el líquido estancado en los capilares para aumentar el volumen circulante y con ello elevar la presión arterial. La recomendación de Cannon en estos casos es una solución de goma acacia. Sin embargo, “se ha demostrado fuera de toda duda por la experiencia durante la guerra que la transfusión de sangre compatible, en los casos de persistente presión arterial baja, es muy valiosa.”³¹⁴

También analizó otras relaciones del shock con factores como son el frío, la sed y el sudor. A partir de sus observaciones, Cannon buscó "los mejores métodos de aplicación de calor al herido para prevenir la aparición del shock secundario, la utilidad de la goma de acacia en la restauración de volumen de sangre en el herido grave, y el efecto de una ligera anestesia, en contraposición a una profunda, sobre la presión arterial en un estado de shock”³¹⁵.

³¹² Cannon, Walter B. (1923), p. 175.

³¹³ Cannon, Walter B. (1923), p. 176.

³¹⁴ Cannon, Walter B. (1923), p. 183.

³¹⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 32.

En resumen, Cannon observó que en el estado de shock se suceden una serie de procesos que están estrechamente relacionados y que llevan al desbordamiento del sistema circulatorio. El fenómeno principal es la falta de oxígeno, pero ésta se da porque hay poca tensión sanguínea para poder distribuirlo a través de la sangre a todos los tejidos. Ello es motivado a su vez por una falta de volumen sanguíneo (debido a una hemorragia) que da lugar a una ruptura del sistema a través de sus paredes capilares (el encharcamiento de la zona esplácnica) que repercute en los otros factores, retroalimentándose unos a otros en un círculo vicioso que de no remediarse lleva a la muerte. Más adelante Cannon afinaría sus apreciaciones en lo relativo a estos datos y las trasladaría a otros tipos de shock. En cualquier caso, concluyó que al hacer un examen del cuerpo de personas que habían padecido este tipo de accidentes, no se encontraban heridas perceptibles que pudieran justificar adecuadamente un fallo completo de las actividades vitales. “Incluso cabría llegar a pensar que podrían volver a la vida, pero esto obviamente no puede ocurrir”³¹⁶. El intentar averiguar cuál es el momento en que uno de estos factores consigue desbordar las capacidades del organismo fue lo que le ayudó, a su vez, a comprender que antes de que esto acontezca existen muchos otros mecanismos que intentan mantener al cuerpo estable. Esta fue una de las reflexiones que le ayudó a concebir la homeostasis.

3.5. Consolidación de la fisiología holista de Walter Cannon

Como se ha señalado anteriormente, Cannon recordará la etapa que dedicó a la investigación sobre el shock como “un paréntesis de guerra”, ya que en ella deja de realizar los estudios sobre la influencia del miedo, la furia o el hambre en el sistema nervioso simpático y las glándulas suprarrenales: una investigación sobre ciertos procesos integrados a los que llegó casi por accidente, cuando se dedicaba al análisis de los movimientos del conducto digestivo y vio el impacto que estos estados (miedo, hambre, etc.) tenían en la motilidad gástrica. A lo largo de este capítulo se ha mostrado la posición mecanicista del fisiólogo cuando comenzó sus trabajos sobre la motilidad gástrica y cómo fueron surgiendo ciertos enigmas que le llevaron a una postura holista. Fruto de estos primeros pasos hacia el holismo es la teoría de la emergencia, que

³¹⁶ Cannon, Walter B. (1939), *The Wisdom of the Body*, The North Library, New York, p. 22.

profundiza en la función de la médula de las glándulas suprarrenales y su interrelación con las emociones y otros procesos internos. Como ya se señaló en el apartado anterior, el comienzo de este estudio puede fecharse en el año 1911. De dicha teoría se hablará con más detalle en el siguiente epígrafe. No obstante, mientras Cannon estuvo en la guerra, y durante los años que siguieron a su regreso a Harvard, tuvo que centrar su atención en el problema del shock, y por tanto suspender sus trabajos en relación con la teoría de la emergencia. Un período que dio lugar a que ciertos detractores aprovecharan para poner en duda los fundamentos de sus trabajos: “[...] una investigación que durante su ausencia fue seriamente menospreciada”³¹⁷ principalmente por un grupo de fisiólogos de Cleveland: George Neil Stewart³¹⁸ (1860-1930) y Julius Moses Rogoff (1884-1966).

Ya para entonces Cannon había demostrado que el aumento de secreción adrenal, ocasionado por excitación emocional, produce una alteración en la concentración de azúcar en la sangre, descenso de la fatiga muscular, coagulación, etc., y que estos cambios van acompañados de signos de actividad nerviosa simpática: cese de la actividad digestiva, incremento del vigor cardíaco o redistribución de la sangre. Pero, además, como se sugiere arriba, también sus estudios sobre el shock le ayudaron a comprender aquellos procesos que acontecen en el organismo cuando un paciente se encuentra en este estado. Gracias a su investigación sobre el shock, pudo estudiar las acciones que van desencadenándose en el organismo, en un efecto dominó, hasta que es desbordado y sobreviene la muerte. Tanto los procesos relacionados con la médula de las glándulas suprarrenales como los observados en sus investigaciones sobre el shock y el sistema nervioso autónomo son una muestra de la interrelación que existe entre los distintos sistemas del cuerpo humano. Esto no resultó inadvertido para Cannon. A partir de ese momento su perspectiva fue, por un lado, holista, ya que comprendió que la fisiología debe construirse a partir del análisis de estratos superiores, en los que se tenga en cuenta la relación de los procesos atendiendo al todo; y, por otro lado, su postura fue abiertamente teleológica. Evidenció que cada proceso está *previsto para* salvaguardar el

³¹⁷ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 83.

³¹⁸ Es interesante mencionar que Stewart, uno de los principales antagonistas de las teorías de Cannon, fue invitado a Estados Unidos por Bowditch, quien le ofreció en 1893 una clase de fisiología. Sólo estuvo un año en Harvard y después entró como profesor de esta disciplina en la Escuela de Medicina de la Western Reserve University, donde más tarde sería el director del H.K. Cushing Laboratory. También fue profesor durante cuatro años en la Universidad de Chicago.

equilibrio del sistema completo e incluso para afrontar situaciones externas al organismo que pudieran comprometer su bienestar.

A partir de entonces, Cannon centró su atención en los estados estables del organismo y los procesos de autorregulación que mantienen tal estabilidad. Sus experimentos en esta etapa le ayudaron a confirmar la teoría de la emergencia, a definir y explicar los sistemas homeostáticos y a penetrar más en profundidad en otros mecanismos integradores del cuerpo: “Después nos hemos dado cuenta de que habíamos ya trabajado largamente sobre la función del sistema autónomo en el mantenimiento de los estados constantes, sin notar el significado de nuestra labor. Los hechos ya antes descubiertos adquirieron un nuevo significado”³¹⁹. Bajo esta interpretación holista, su planteamiento teórico fue mucho más ambicioso y quiso abordar la fisiología del cuerpo como la propia de un todo complejo. *The Wisdom of the Body* es el libro que consolida este objetivo, y la homeostasis el concepto que le brinda una base para conseguirlo.

3.5.1. El triunfo de la teoría de la emergencia

Según se ha comentado en el epígrafe anterior, los estudios sobre la adrenalina que realizó, y que contaron con el apoyo de De la Paz, consistieron en probar la existencia de adrenalina en la sangre cuando el animal con el que se experimentaba se encontraba en estado de excitación debido al pánico o a la furia. La técnica se basaba en la extracción de sangre a través de un catéter que se introducía por la vena cava cuando el gato se encontraba en calma y después de someterlo a los ladridos de un perro y extraer otra muestra. El análisis consistía en colocar un segmento de músculo de intestino dentro de las dos muestras obtenidas de sangre. Si el músculo se contraía, significaba que en la sangre no había adrenalina; pero si dejaba de contraerse, esto era indicativo de la existencia de la hormona. Efectivamente, De la Paz y Cannon encontraron esta sustancia en la sangre obtenida cuando el gato estaba excitado. Más adelante repitieron la prueba, pero esta vez habían hecho una ligadura en las glándulas suprarrenales y,

³¹⁹ Cannon, Walter B. (1939), p. xiv.

aunque en teoría no deberían encontrar rastro de la hormona, lo cierto es que cuando el animal era sometido a estrés, la sangre seguía conteniendo adrenalina³²⁰.

Más adelante, con el apoyo de otros colaboradores, Cannon siguió realizando distintos experimentos: el efecto de la adrenalina en la fatiga muscular, la concentración de azúcar en la sangre, el tiempo de coagulación, la influencia del hambre y la sed, etc. Con los datos obtenidos pudo proponer su teoría de la emergencia: “El organismo, con ayuda del aumento de la secreción suprarrenal, puede reunir de mejor forma su energía, puede conseguir más azúcar para suministrarlo a los músculos que están trabajando, puede evitar mejor la fatiga, puede redistribuir mejor la sangre a ciertas partes esenciales para correr y luchar por la vida, y que sea más probable la supervivencia”³²¹. Sin embargo, Cannon y sus colaboradores recibieron ciertas críticas pues sus primeras técnicas eran consideradas “fiables, pero toscas”³²². Por esta razón, intentó hacer más sofisticados sus experimentos mediante la técnica del corazón denervado. En el apartado anterior (véanse pp. 124-125) se ha anticipado cómo se efectuaba. Consistía en quitar a este órgano todo tipo de conexiones con el sistema nervioso central y que sólo se mantuviera en contacto con el resto del cuerpo a través de los vasos sanguíneos. El corazón funcionaba perfectamente, libre de cualquier otra influencia física. Sin embargo era muy sensible incluso a una pequeñísima cantidad de adrenalina en la sangre (1/1.400.000.000 de sangre), que ocasionaba un aumento de la frecuencia de su latido. Estos experimentos, que empezó con De la Paz, los retomó poco después de su vuelta de la Guerra con la ayuda del fisiólogo español Rosendo Carrasco-Formiguera, quien estaba haciendo una estancia para completar su doctorado en fisiología; más adelante con Sidney Bliss, que también se encontraba en una visita predoctoral al Laboratorio de Harvard, y con Monroe McIver del Departamento de Cirugía de Harvard:

Ya hemos aprendido que el sistema simpático envía, a través de las fibras nerviosas, impulsos que aceleran su pulso, y también que el nervio vago hace que el latido del corazón sea más lento. [...] fuimos capaces de quitar cada parte de la cadena del sistema simpático de la parte superior del pecho [...]. Así queda el corazón aislado del sistema nervioso. Su posición en el pecho no ha sido cambiada; continúa bombeando sangre a

³²⁰ Recuérdese que posteriormente se descubrió que las terminaciones simpáticas pueden segregar adrenalina.

³²¹ Cannon, Walter B. (1914): “*The Emergency Function of the Adrenal Medulla in Pain and the Major Emotions*”, *American Journal of Physiology*, 33, p. 372.

³²² Cannon, Walter B. (1965), p. 101.

través de las arterias, capilares y venas, pero su funcionamiento ya no puede ajustarse por la actividad dirigida por el sistema nervioso. La única conexión del corazón con el resto del organismo es a través de la sangre circulante. [...] El corazón denervado es excesivamente sensible, incluso a un pequeño incremento de adrenalina [...] ³²³

Mientras tanto, en el Laboratorio H.K. Cushing dos fisiólogos, Stewart y Rogoff, hacían sus respectivos experimentos en relación con la influencia de las glándulas suprarrenales en la actividad del organismo y su relación con el sistema nervioso autónomo. Ellos sostenían que la secreción de adrenalina era constante y no variaba bajo los efectos emocionales, es decir, negaban alteraciones bajo estados como la asfixia, el dolor o la excitación. Pero especialmente pensaban que los métodos usados por Cannon no eran fiables: “Los puntos de vista de Cannon fueron rigurosamente atacados por otros investigadores. En particular, su conclusión de que la secreción de las suprarrenales aumenta como respuesta a la excitación emocional” ³²⁴. Stewart y Rogoff también defendían que sus técnicas tenían mayor valor, ya que aportaban resultados cuantitativos. Para empezar, consideraban que, para poder probar realmente la existencia de adrenalina, el experimento debería someterse a dos situaciones: “una en la que el órgano respondiera a la adrenalina por inhibición (por ejemplo, el intestino) y otra en la que respondiera mediante contracción (por ejemplo, el útero), lo que descartaría que diferentes agentes externos pudieran actuar en la misma dirección que lo hacía la adrenalina” ³²⁵. Además, Stewart consideraba que la cantidad de secreción de esta hormona resultaba tan pequeña que no era capaz de estimular los órganos que sugería Cannon. Para intentar saber cuánta adrenalina era secretada por un animal anestesiado sin que influyera la circulación suprarrenal y se diluyera en la corriente del sistema circulatorio, decidieron utilizar un método que consistía en hacer una ligadura en la vena cava, tanto en la parte superior como en la inferior de la desembocadura en las glándulas suprarrenales. De esta forma hacían un “saco” en la cava inferior donde se concentraría la adrenalina secretada sin que pudiera fluir hacia otras partes cuerpo (*caval pocket technique*). Se introducía una cánula por la vena renal izquierda para

³²³ Cannon, Walter B. (1939), pp. 107-108.

³²⁴ Randall, David C. (2004): “Discovering the Role of the Adrenal Gland in the Control of Body Function”, en *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, vol. 287, pp. R1007-R1008.

³²⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 86.

tomar muestras. La idea del experimento consistía en la extracción de sangre antes de una estimulación de los nervios esplácnicos y después de ella.

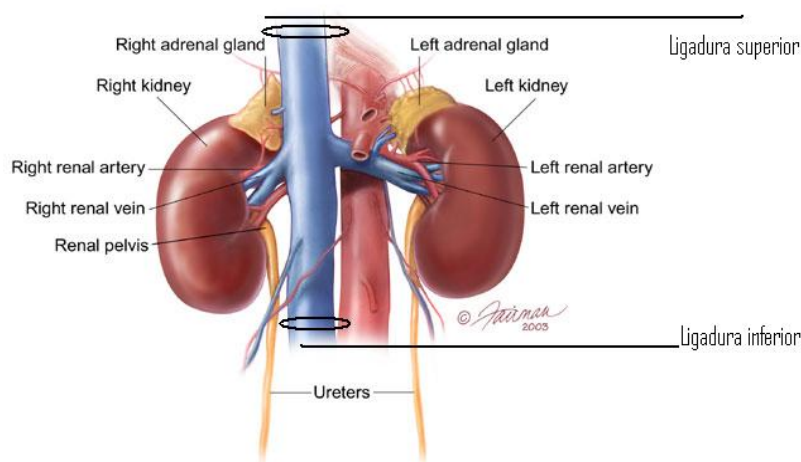


Figura 3.2. Técnica del saco de la vena cava³²⁶.

Stewart y Rogoff sometieron las muestras obtenidas a la prueba del intestino y del útero. La sangre “excitada” mostró inhibir la contracción del intestino y acentuar la del útero, lo que probaba la existencia de adrenalina. “Después, cuando Stewart usó el método de Cannon y De la Paz para recoger sangre, introduciendo un catéter en la cava intacta con la ligadura sólo en la parte anterior de las venas suprarrenales, no fue capaz de detectar adrenalina en la sangre incluso cuando los nervios esplácnicos eran estimulados. Este resultado negativo lo atribuyó al alto grado de dilución [de la hormona en la sangre] que provenía de las glándulas suprarrenales y que se situaba en la parte inferior de la vena cava.”³²⁷ Ello dio inicio a una serie de disputas entre el grupo de fisiólogos del Laboratorio de Harvard que dirigía Cannon y estos dos fisiólogos de Cleveland:

En un extenso conjunto de artículos, Stewart y Rogoff han mostrado una serie de estudios cuantitativos, en apariencia cuidadosamente obtenidos, sobre la cantidad de secreción suprarrenal y han llegado a la conclusión de que esta descarga es continua, que en un animal es aproximadamente constante y que la supuesta variación depende de

³²⁶ Hemos editado la imagen para mostrar los puntos en los que se hizo la ligadura. La imagen original se ha conseguido en: <http://stlurology.com/default.aspx>

³²⁷ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 87.

la cantidad de sangre que circule por las venas lumbo-suprarrenales. No encontraron un incremento en estados de dolor, asfixia o excitación emocional.³²⁸

La postura de Cannon era diferente:

El grupo de Harvard sostenía la perspectiva de que la secreción en la corriente sanguínea proveniente de la médula suprarrenal se incrementa cuando se estimula ampliamente la actividad de la parte involuntaria o autónoma del sistema nervioso, por ejemplo, en condiciones de asfixia, dolor y gran excitación emocional.³²⁹

El principio de Stewart y Rogoff era correcto, ya que la técnica realizada en la vena cava inferior para crear una bolsa capaz de recolectar directamente la adrenalina de las suprarrenales, y evitar la dilución por el alto torrente sanguíneo de una vena tan gruesa como la cava, tenía sentido. Sin embargo, no consideraron que esta técnica suponía una cirugía mayor y, por lo mismo, ocasionaba un gran estado de estrés que causa una liberación masiva de adrenalina. Cuando hacían sus mediciones, creyeron que la adrenalina que medían era producto de una concentración normal de esta sustancia liberada constantemente en el cuerpo. Bajo esta perspectiva, era lógico que no encontraran que la adrenalina aumentara con el dolor, asfixia, etc., sin tener en cuenta que, debido al estrés quirúrgico, esta hormona ya estaba presente en dosis superiores a las normales cuando el cuerpo no está siendo sometido a estrés. Además, la presión sanguínea de casi todos los animales con los que experimentaron era de 30 a 40 mmHg, es decir tan baja que podría considerarse propia de un estado de shock; y como se ha explicado en el apartado anterior, en estas condiciones el nivel de adrenalina tampoco es normal.

Es razonable que Stewart y Rogoff, al no tener en cuenta este fallo metodológico, pensaran que la adrenalina no es indispensable para los estados de emergencia. Ambos mantuvieron su postura durante más de diez años, hasta que un grupo de fisiólogos japoneses, liderados por Sakuji Hodama, “trabajó durante muchos años en perfeccionar el método del saco de la cava en el laboratorio de fisiología del profesor Y. Satake en Japón”³³⁰. Con sus experimentos, los investigadores japoneses no

³²⁸ Cannon Walter B. (1919): “Studies on the Conditions of Activity in Endocrine Glands: V. The isolated heart as an indicator of adrenal secretion induced by pain, asphyxia and excitement”, en *American Journal of Physiology*, 50, p. 400.

³²⁹ Cannon, Walter B. (1965), p. 100.

³²⁹ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 100.

dejaron ninguna duda al respecto y en sus resultados comentaron los errores implicados en esta técnica. Aunque la controversia es sumamente interesante³³¹, en realidad no se profundizará en ella, pues lo único que interesa rescatar es que intentando responder a sus oponentes, Cannon afinó su técnica del corazón denervado. Además de ser un medio efectivo para saber el efecto de la adrenalina sobre un corazón desprovisto de cualquier conexión nerviosa, era un procedimiento que podía realizarse en el interior del organismo (no había que obtener muestras de sangre y estudiarlas fuera del cuerpo), e incluso permitía medir el período de latencia del efecto y la duración de la secreción de las glándulas una vez aplicado el estímulo. La técnica ayudó a observar que cuando las glándulas están intactas y cuentan con la actividad normal de los nervios simpáticos, ante cualquier condición que ocasione una descarga del sistema simpático, el corazón latirá más rápido. Pero si las glándulas suprarrenales y el hígado son inhibidos al separar los nervios que los inervan, entonces el ritmo del corazón automáticamente vuelve a descender (pese al grado de excitación del animal). Esta evidencia permitía responder al argumento de los fisiólogos de Cleveland acerca de una secreción constante de adrenalina:

Si con los nervios intactos existía, en condiciones naturales, una secreción constante ‘normal’, tal como ellos aseguran, entonces, cuando las glándulas suprarrenales fuesen inhibidas, debería reducirse el pulso como consecuencia. Que el pulso no caiga por debajo del estado ‘calmado’ después de la adrenalectomía obviamente permite la deducción de que en momentos de calma y paz no existe una secreción de las glándulas suprarrenales que ocasione una respuesta de este indicador tan sensible [el corazón]. En ese caso, cualquier tentativa de explicar el incremento del ritmo cardíaco a través de un mayor suministro de adrenalina o de una concentración de ella en la sangre, debido sólo a cambios de circulación, no sería en absoluto pertinente.³³²

Gracias a los distintos resultados de este experimento Cannon pudo mantener su teoría sobre la emergencia, la cual, como se ha explicado, sostiene que muchos de los procesos del cuerpo son activados por la influencia de la adrenalina en momentos clave para la supervivencia. Sin embargo, surgió un nuevo interrogante: después de un tiempo de espera, una vez que las glándulas suprarrenales eran bloqueadas, el corazón, que había bajado su ritmo (mostrando la inexistencia de adrenalina), volvía a aumentar

³³¹ Este caso se analiza pormenorizadamente en: Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), pp. 83-103.

³³² Cannon, Walter B. (1919), p. 423.

dicho ritmo en aproximadamente treinta latidos por minuto más de la media normal. “El fenómeno ocurría de forma tan regular que amenazó nuestra explicación”³³³. Hasta que Cannon no consiguió, a través de un proceso quirúrgico muy delicado, la extirpación total del sistema simpático (simpatectomía), el corazón no dejaba de presentar este aumento del ritmo cardíaco. Este hecho fue la puerta a subsiguientes investigaciones.

Cannon estudió esta nueva especie de animales cuyo sistema nervioso simpático había sido eliminado. Comprobó que podían vivir más o menos bien durante años en su laboratorio. Sin embargo, cuando se sometían a estrés —frío, calor, ausencia de oxígeno, o azúcar en la sangre—, mostraban ciertas carencias e incluso podían morir con facilidad. Esta evidencia le llevó a pensar que el sistema simpático se encargaba de mantener la temperatura estable y el pH sanguíneo en ciertos niveles, así como de amortiguar los daños por falta de azúcar en la sangre, entre otras funciones que estabilizaban las actividades del cuerpo frente cambios del medio ambiente. “La asociación compuesta por el sistema simpático y la médula de las glándulas suprarrenales, trabajando en conjunto, en pocas palabras, está encargada de mantener distintos sistemas estables; lo cual explica la homeostasis de los fluidos del cuerpo cuando éste se halla en peligro.”³³⁴ Dicho hallazgo será la columna vertebral de las investigaciones de Walter Cannon en su etapa holista.

3.5.2. La homeostasis como la clave de la sabiduría del cuerpo

Como se ha intentado mostrar en este capítulo, Cannon fue encontrando a lo largo de sus investigaciones procesos fisiológicos integrados: la influencia de las emociones en la motilidad gástrica; la preservación de los movimientos peristálticos en partes del canal digestivo (como el intestino delgado) pese a haber sido inhibido el plexo de Auerbach (que se supone controla dichos movimientos); la influencia de la adrenalina en distintos procesos como la coagulación de la sangre, la liberación de azúcar por parte del hígado para ayudar a los músculos a recuperarse rápidamente cuando se encuentran fatigados o la redistribución del flujo sanguíneo hacia el corazón, cerebro y pulmones—reduciendo esta cantidad en otros órganos—en estados de emergencia. En todos ellos tuvo que abandonar su original posición mecanicista y atender a estados jerárquicos

³³³ Cannon, Walter B. (1965), p. 104.

³³⁴ Cannon, Walter B. (1965), p. 105.

integrados. Paso a paso, su fisiología fue adquiriendo una perspectiva holista, dado que estos procesos tenían que ser estudiados de forma conjunta atendiendo a su interrelación. Epistemológicamente, su pensamiento comienza a ser también teleológico, pues cree que las relaciones entre los sistemas sólo pueden explicarse como respuestas a un fin: mantener los aparatos y sistemas del organismo estables, para en último término garantizar la supervivencia de los individuos. Cannon consiguió que su teoría de la emergencia—en la que el cuerpo reacciona frente a amenazas externas a través de procesos internos que le brindarán la energía y capacidad para afrontarlas— se abriera a una perspectiva más amplia, incluyendo los mecanismos que mantienen los sistemas de supervivencia de los organismos estables y equilibrados. En la primera charla que dio al respecto, en mayo de 1925, para el *Congress of American Physicians and Surgeons*, aunque no llegó a usar el término ‘homeostasis’, sí adelantó seis propuestas que fueron las líneas determinantes de sus siguientes investigaciones:

La primera propuesta es que en un sistema expuesto, tal como sucede con nuestros cuerpos, a innumerables perturbaciones externas, la existencia de un estado eficiente y constante es, en sí mismo, una prueba de que los organismos cuentan con mecanismos que mantienen y preservan el equilibrio, o están listos para actuar de tal manera y mantener el equilibrio. [...]

Una segunda es que, si el estado se mantiene estable, hay un ajuste automático en donde cualquier tendencia hacia algún cambio se reconoce eficientemente por un aumento en la acción del factor o factores que se resisten al mismo. [...]

La tercera es que cualquier factor que funciona para mantener un estado de estabilidad conduciendo la acción hacia una dirección, no actúa en ese mismo punto en dirección opuesta. [...]

La cuarta, relacionada con la tercera, es que los factores que pueden ser antagonistas en una región, donde afectan al equilibrio, pueden ser cooperativos en otra región. [...]

Una quinta propuesta es que el sistema de control que determina un estado de equilibrio puede no estar constituido sólo por dos factores antagónicos; en cualquiera de los lados puede haber dos o más [factores] puestos en acción al mismo tiempo o sucesivamente. [...]

La sexta es que cuando se sabe que un factor fisiológico puede abandonar un estado de equilibrio tomando una dirección, es razonable buscar un factor o factores que sean contrarios o tengan un contrapeso a ese efecto fisiológico.³³⁵

³³⁵ Cannon, Walter B. (1926): *Transactions of the Congress of American Physicians and Surgeons*, Washington D.C., May 5th and 6th, Published by the Congress, New Haven, pp. 31-32. Y en Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), pp. 152-153.

La recopilación de toda la evidencia sobre estos procesos le llevó a proponer el concepto de *homeostasis* (de *homeo*, ‘semejante’; y *stasis*, ‘estado fijo’): un proceso del organismo que intenta mantener la constancia de sus funciones (y los elementos que participan en éstas) para preservar la vida. Cannon mostró repetidamente la estrecha relación que guarda su concepto con el de *milieu intérieur* de Claude Bernard, pues dentro del organismo se llevan a cabo procesos que mantienen el de equilibrio, pese a la influencia del medio externo. Sin embargo, la idea de que la noción de Bernard es la semilla del concepto de homeostasis de Cannon se pondrá en duda en el último capítulo de este trabajo. En cualquier caso, el fisiólogo norteamericano, a partir de cierto momento, ilustró su discurso sobre los procesos integrados del cuerpo con el concepto de *milieu intérieur* de Bernard³³⁶. Baste aludir a algún ejemplo que se encuentra en *The Wisdom of the Body*, donde aludía a que el organismo humano puede llegar a ser sometido por un tiempo breve a temperaturas de entre 115 y 180 °C y no incrementar su temperatura corporal por encima de lo normal (ejemplo sin duda bernardiano). Pero fue más allá en su teoría de la homeostasis, ya que no sólo la relacionó con los factores que influyen desde el exterior del cuerpo, sino que contemplaba que la activación de estos mecanismos de regulación también podía provenir del interior del mismo: “La resistencia a cambios que pueden inducir las circunstancias externas no es la única evidencia adaptativa de ajustes de la estabilidad”³³⁷. Esto puede verse cuando un músculo es sometido a un intenso ejercicio durante más de 20 minutos, lo que causa una transformación en la producción de sustancias albuminosas que las vuelve tan duras como un “huevo cocido”. Cuando esto ocurre, el cuerpo comienza a producir grandes cantidades de ácido láctico. Tal proceso no sólo produce dolor, previniendo al organismo de un posible daño muscular en caso de persistencia, sino que dichos ácidos ocasionan una disminución del álcali contenido en la sangre, lo que evita que el desastre suceda. Los resultados obtenidos por Cannon, le llevaron a pensar que la homeostasis del organismo es mucho más compleja que otros estados de equilibrio que pueden ser apreciados en la naturaleza. De ahí que concluya que:

³³⁶ Por ahora únicamente añadiremos que, al igual que Cannon menciona el *milieu intérieur* de Bernard como un concepto importante relacionado con su definición de la homeostasis, también se refiere al de *Vis Medicatrix Naturae* hipocrático e incluso a las teorías del fisiólogo reduccionista alemán Eduard Pflüger, que habla de las adaptaciones naturales gracias a las que los cuerpos organizados mantienen su estabilidad.

³³⁷ Cannon, Walter B. (1939), p. 22.

La condición constante que mantiene el cuerpo podría denominarse *equilibrio*. En todo caso, esa palabra viene a ser un término bastante más adecuado cuando es aplicado a estados físico-químicos simples, donde fuerzas conocidas están compensadas. Los procesos fisiológicos coordinados que mantienen los estados constantes en el organismo son tan complejos y peculiares a los seres vivos —incluyendo, de alguna forma, el cerebro, los nervios, el corazón, los pulmones, los riñones y bazo, todos trabajando cooperativamente— que he sugerido una designación especial para este tipo de estados: homeostasis.³³⁸

Este concepto no supone algo estático e inamovible. De hecho, lo característico de los organismos es que tales estados cuenten en ellos con una alta variabilidad. En *The Wisdom of the Body*, Cannon buscó alcanzar los siguientes objetivos: 1) mostrar aquella condición fundamental de estabilidad; 2) definir las actividades fisiológicas que sirven para restaurar el estado normal que ha sido perturbado; y 3) ver cuáles son los límites de la adaptación impuestos por la edad.

Para el fisiólogo de Harvard, dos de los medios biológicos más característicos donde podía ser apreciada la homeostasis en nuestro organismo eran dos fluidos importantísimos para la vida: la sangre y la linfa. A diferencia de lo que ocurre en otros organismos, nuestras células no pueden obtener directamente el alimento (agua, oxígeno, minerales, etc.) del medio ambiente. No son como los entes unicelulares que podrían encontrarse en un riachuelo y que se aprovechan de su entorno líquido para asimilar las sustancias que les permiten vivir, desechando los residuos con la ayuda de la misma corriente del río. La manera en que un organismo superior aprovecha estos nutrientes y elimina sus desechos es a través de ambos fluidos. La sangre, explicó Cannon, está compuesta por glóbulos rojos y blancos que flotan en una solución acuosa de sales, azúcares y materiales albuminosos. Los glóbulos rojos se encargan de recoger el oxígeno de los pulmones y transportarlo a todo el cuerpo. A la vuelta recogen uno de los residuos de la actividad fisiológica: el dióxido de carbono. Por otro lado, los glóbulos blancos sirven para proteger al organismo no sólo de gérmenes, sino de partículas inertes que si se fueran acumulando obstruirían las vías sanguíneas. El plasma, por su parte, es el encargado de llevar consigo los nutrientes obtenidos del proceso digestivo y conducir los residuos a los riñones, donde son eliminados. La sangre también tiene la cualidad de coagularse cuando sale de sus conductos naturales, lo que ayuda evitar hemorragias y salvaguardarse a sí misma (Cannon dedicó todo un conjunto de investigaciones a explicar los procesos que ayudan a acelerar la coagulación

³³⁸ Cannon, Walter B. (1939), p. 24.

como fenómenos relacionados con los procesos homeostáticos; experimentos que, como se recordará, establecieron el papel de la adrenalina y que han sido descritos previamente en este capítulo). La linfa no cuenta con glóbulos rojos, pero sí contiene glóbulos blancos, sales y azúcares, y es una red de vasos que se distribuye por los tejidos. De alguna manera, la linfa, podría interpretarse como el intermediario entre la sangre y los demás órganos.

Después, Cannon brindó una explicación del funcionamiento del sistema circulatorio, para finalmente centrarse en su relación con el sistema nervioso: “los vasos sanguíneos, especialmente las arterias, están, de la misma manera, bajo el control del sistema simpático y otros nervios, que son la causa de la contracción o relajación del músculo de la pared vascular, limitando la corriente sanguínea en una parte [del sistema] y elevando el volumen en otra parte según sea la necesidad”³³⁹. Ya se ha explicado cómo relacionó esta situación con los estados de emergencia en los que “la masa de sangre puede ser parcialmente enviada de una a otra región del cuerpo de forma adaptativa”³⁴⁰.

Cannon atribuyó a Bernard esta interpretación de la sangre como un medio que mantiene constantes los elementos vitales del organismo. Bernard, en un principio, habló de la sangre y la linfa como diferentes medios internos, hasta considerar a todos los fluidos circulatorios como ejemplos claros de un genérico *milieu intérieur*.

Bernard puso un especial énfasis en la importancia de la libertad del organismo respecto de las limitaciones que impone el mundo exterior en: agua, oxígeno, temperatura uniforme y suministros nutricionales (incluyendo sales, grasas y azúcares) que son necesidades constantes.³⁴¹

Ahora bien, todos estos elementos funcionan de una manera coordinada para mantener estables los parámetros fisiológicos del organismo. Una sola variación en alguno de ellos puede llegar a modificar el correcto funcionamiento de las células u otras estructuras e incluso puede poner en peligro la vida. Sin embargo, antes de que esos acontecimientos críticos sucedan, de forma automática, ciertos agentes consiguen volver a estabilizar las constantes biológicas para preservar la integridad del cuerpo. En *The Wisdom of the Body*, Cannon reunió muchos de sus estudios y bajo el concepto de

³³⁹ Cannon, Walter B. (1939), p. 37.

³⁴⁰ *Ibid.*

³⁴¹ Cannon, Walter B. (1939), p. 38.

homeostasis les dio más solidez. Sus experimentos sobre los efectos de la adrenalina, los referentes al hambre y la sed, o los más recientes sobre el sistema simpático, unidos a sus experiencias en la guerra, donde abordó el shock traumático, le ayudaron a tener más evidencias que pudo reunir para justificar mejor su teoría de la emergencia:

Hemos visto que en nuestros cuerpos hay recursos que están listos para operar en caso de que hubiese peligro de pérdida del fluido matriz; ciertos agentes rápidamente son puestos en acción para disminuir el peligro. La sangre se prepara para coagularse más rápido y su volumen se reduce por la constante pérdida. Los vasos sanguíneos periféricos se contraen. De este modo, no sólo el fluido sanguíneo se reduce en aquellas regiones donde la pérdida de sangre suele ocurrir con más probabilidad, sino que además hay un constante suministro en los órganos esenciales y sensitivos, como el corazón y el cerebro. Todos estos ajustes son gestionados de forma automática por el sistema simpático, incitados por la baja presión sanguínea. Tales ajustes de emergencia en el organismo son seguidos de la restauración del volumen sanguíneo a partir de los suministros de agua y sales en el espacio intersticial y los tejidos y a través de ese servicio tan funcional que es la sed [...] tanto la sed como el hambre serán explicados como estados que proveen los suministros necesarios para la homeostasis del medio interno.³⁴²

Cannon dedicó especial atención a la sangre. Buscó justificar, con los estudios que él y otros investigadores habían realizado, la relación de este fluido con las sensaciones del hambre y la sed. Esta última es fundamental para mantener el volumen sanguíneo. También atendió a los procesos homeostáticos que mantienen estables los niveles de sales, azúcares, proteínas, grasas, calcio y oxígeno en la sangre, y estudió cómo son almacenadas dichas sustancias en el cuerpo para su futuro uso o de qué forma resultan eliminadas al tener una excesiva presencia en ciertos momentos. Estos elementos deben mantenerse en niveles correctos para conservar los sistemas fisiológicos funcionando en óptimo estado: “‘El hambre de sal’ [o de azúcar] puede ser análogo a la sed; es un medio de mantener los requerimientos del organismo”³⁴³. Encontró que parte del control de los niveles de estas sustancias estaba supeditado al sistema nervioso, especialmente el control del azúcar: “Nuestra conclusión de que la hipoglucemia pone en acción al aparato simpático-suprarrenal ha sido confirmada”³⁴⁴. En cada uno de los procesos homeostáticos que descubrió, encontró una importante acción del sistema nervioso, las glándulas suprarrenales y la corriente sanguínea. Por

³⁴² Cannon, Walter B. (1939), p. 59.

³⁴³ Cannon, Walter B. (1939), p. 98.

³⁴⁴ Cannon, Walter B. (1939), p. 114.

ejemplo, las proteínas no sólo deben mantener un nivel constante para salvaguardar el volumen sanguíneo, sino que además son una parte indispensable en la coagulación. Las grasas, por su parte, pueden proporcionar el doble de energía que los carbohidratos, pues son una fuente concentrada de calor y de almacenamiento energético en casos extremos como la inanición.

De todos estos elementos químicos al que más relevancia concede en su libro es al oxígeno. Para Cannon, no hay sustancia externa de la que los organismos sean más dependientes. Si el cuerpo requiere de forma constante de líquido, con el oxígeno esta necesidad se hace radical, ya que las neuronas, al ser sometidas a su ausencia durante más de ocho minutos manifiestan una serie de daños de consecuencias irreparables. En parte, esto se debe a que en el cuerpo humano no existe una forma de almacenar oxígeno. Cuando las actividades fisiológicas se incrementan, por ejemplo al hacer un prolongado esfuerzo muscular, la necesidad de oxígeno aumenta y, si no se consigue, esa actividad no puede prolongarse por mucho tiempo. En este caso, “la maquinaria rápidamente sería obligada a parar debido a la obstrucción causada por la acumulación de residuos. La homeostasis se logra en esta situación al acelerarse el proceso continuo”³⁴⁵. Ello significa que cuando hace falta más oxígeno, se incrementa la ventilación respiratoria, se dobla el volumen sistólico o de eyección (es decir, se aumenta el volumen de sangre que el corazón expulsa hacia la aorta durante su contracción), se dobla el ritmo cardíaco y así aumenta la presión sanguínea para expandir los capilares de la región que necesita mayor suministro de oxígeno. Cannon puso especial atención en esta región capilar, pues es donde consideraba que se llevan a cabo los intercambios de las partículas que mantienen los procesos homeostáticos: “Ya he enfatizado que es en la región capilar donde tienen lugar los intercambios entre la sangre y las células. Aquí es donde todas las adaptaciones del sistema circulatorio cobran sentido. La sangre transporta el azúcar y el oxígeno que los músculos activos requieren y puede llevarse el dióxido de carbono y agua que resultan de la combustión implicada en la contracción”³⁴⁶. Igualmente, en los capilares se produce el intercambio de gases (oxígeno-dióxido de carbono).

También dedica un capítulo completo al carácter neutro de la sangre, que es medido por la concentración de hidrogeniones. No se entrará en detalles pues, aunque es

³⁴⁵ Cannon, Walter B. (1939), p. 146.

³⁴⁶ Cannon, Walter B. (1939), p. 162.

uno de los procesos homeostáticos más relevantes, Cannon sólo hace un resumen de la obra *Blood*³⁴⁷, escrita por su colega Joseph Lawrence Henderson, de quien se hablará en el siguiente capítulo. El fisiólogo e historiador mexicano José Joaquín Izquierdo³⁴⁸, en el prólogo de la única traducción al español de *La sabiduría del cuerpo*, incluye también a Joseph Barcroft dentro del trío (Cannon, Henderson, Barcroft) que rescata las ideas de Bernard para dar solidez a sus teorías holistas: “Tan importantes fueron las estupendas inducciones conseguidas por Bernard a partir de la comprobación de un número relativamente corto de hechos, que en vez de peligrar con el transcurso del tiempo se robustecieron a la luz de tres obras publicadas dentro de un plazo no mayor de cinco años (1929-1934): *Blood*, de Henderson; *Features in the Architecture of Physiological Function*, de Barcroft; y *The Wisdom of the Body*”³⁴⁹. Sin embargo, en el último capítulo de este trabajo, como hemos anticipado, se discutirá la influencia de Bernard sobre la concepción de la homeostasis a que Cannon llegó.

Para el profesor de Harvard, algunos de los procesos homeostáticos más claros y sencillos de explicar son aquellos relacionados con la regulación de la temperatura. El cuerpo humano debe mantener la constancia de su temperatura; de lo contrario se puede poner en peligro su supervivencia. Llegar a tener una temperatura de 42 grados centígrados por más de una hora puede dañar zonas cerebrales de forma irreversible, y si por el contrario la temperatura llega a descender a 24 °C, la respiración y el ritmo cardíaco se ralentizan, hasta el punto de poner en peligro la correcta distribución de la sangre y, por ende, de oxígeno en el cuerpo. Por esta razón, cuando existe un cambio en la temperatura, se inician una serie de procesos para intentar restablecer su nivel normal. Un ejemplo que Cannon usó en su libro fue la descripción de un esfuerzo muscular muy grande. En estos casos el calor que libera la actividad de ese músculo pasa a la sangre para redistribuirse por el cuerpo. “En estas condiciones, los nervios vasomotores, que gobiernan la capacidad de las arterias las dilatan: por tanto, la sangre calentada [...]

³⁴⁷ Henderson, Lawrence J. (1928): *Blood: A Study in General Physiology*, Yale University Press, New Haven.

³⁴⁸ José Joaquín Izquierdo (1893-1974) fue becario de la División de Educación Médica de la Fundación Rockefeller y pudo trabajar en el Laboratorio de Harvard con Cannon de 1927 a 1928, con quien estudió la policitemia emocional y su relación con la influencia del sistema simpático y las glándulas suprarrenales en la acción del bazo. Aunque los experimentos que realizaron no fueron concluyentes, Cannon tenía la certeza de que este órgano guardaba una estrecha relación con el aumento de los glóbulos rojos, mediante la influencia de las emociones. Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 160.

³⁴⁹ Cannon, Walter B. (1941): *La sabiduría del cuerpo*. Traducción de Jesús M. Bellido, prólogo de Joaquín Izquierdo, Editorial Séneca, México, p. 13.

fluye en volumen mucho mayor a través de las arterias y los capilares.”³⁵⁰ Esta es la razón por la que la piel se enrojece. Otra forma de liberar el calor es a través de la radiación y conducción hacia el medio ambiente si en éste hace frío. En el caso de que haga calor, y no se pueda irradiar el calor del cuerpo hacia el exterior, entonces aparece el mecanismo de la sudoración, que causa la vaporización a través de los poros de la superficie cutánea y a través de la respiración (que puede apreciarse en el vaho durante las mañanas frías). Por el contrario, cuando la temperatura baja, disminuye la pérdida de calor a través de la piel y los vasos superficiales se contraen para que la sangre no esté tan expuesta al frío. En otros organismos animales, los pelos y las plumas se envuelven sobre sí mismos para proteger al animal. En el ser humano ya no sucede, pero queda como muestra de una protección ancestral lo que popularmente se conoce como la “piel de gallina”. El sistema nervioso autónomo participa en esta erección del vello, la constricción arterial y la hiperglucemia. Una liberación de adrenalina ayuda a acelerar los procesos de combustión en todos los lugares del organismo. A través de sus estudios y los de otros fisiólogos, Cannon concluyó que “este delicado gobierno de la temperatura del cuerpo indica que en el organismo existe algún termostato sensible, que regula las operaciones que hemos estudiado [...] parte del aparato termorregulador se encuentra localizado en la base del cerebro, en el diencefalo”³⁵¹.

El libro *The Wisdom of the Body* está plagado de ejemplos de regulación homeostática. Desde los más sencillos, como la protección del organismo cuando un cuerpo extraño penetra en una fosa de la nariz y se manda el estímulo al encéfalo, para que el organismo estornude (o si llega más adentro a la faringe para que tosiendo sea expulsado), hasta otros más complejos, como los procesos de reparación de órganos internos, por ejemplo aquel que se ha presentado como uno de los enigmas con los que se encontró Cannon en su etapa mecanicista (véanse pp. 114-115): “Hace muchos años Murphy y nosotros observamos con los rayos X un curioso fenómeno, en la primera parte del intestino delgado que había sido seccionado y vuelto a suturar. Cuando se produce una onda de salida de este órgano, el esfínter pilórico permanecía sólidamente cerrado y sólo pasadas unas cinco horas se relajaba y permitía al contenido gástrico su entrada en el duodeno lesionado”³⁵². Todo parecía indicar que el cuerpo requería de un

³⁵⁰ Cannon, Walter B. (1939), p. 182.

³⁵¹ Cannon, Walter B. (1939), p. 199.

³⁵² Cannon, Walter B. (1939), p. 220.

tiempo de curación antes de permitir a los alimentos seguir su paso por el intestino dañado. También aludía a procesos homeostáticos más graduales, como el que se desarrolla cuando una persona comienza a vivir en sitios donde el oxígeno es más escaso (por ejemplo, en sitios por encima de los 4,500 metros sobre el nivel del mar). En estos casos, paulatinamente, los glóbulos rojos por centímetro cúbico comienzan a aumentar y pueden llegar a pasar de cinco millones a siete u ocho. De esta manera se garantiza el mejor transporte de moléculas de oxígeno a través del torrente sanguíneo. También mostró que los anticuerpos de nuestro organismo contra las bacterias y otros agentes patógenos forman parte de este tipo de procesos y que, nuevamente, se distribuyen a través de la sangre. Es interesante prestar atención, asimismo, al miedo y la cólera, que según Cannon son también ejemplos paradigmáticos de estos procesos homeostáticos. Gracias a ellos, el animal puede defenderse a través de la lucha, o bien consigue escapar del peligro en que se encuentre. Es su teoría de “huir o luchar”, que como se ha mostrado en el apartado anterior tiene gran influencia de la obra de Darwin:

[...] nuestros antepasados se han hallado en la necesidad, para defender su existencia, de efectuar esfuerzos, acaso llevados más allá de su último vigor. La lucha por la existencia ha sido ampliamente lucha de los músculos y de los nervios. Los organismos que en sus adaptaciones se han mostrado más rápidos y más perfectos han obtenido ventajas sobre sus oponentes, con adaptaciones de menos valor. Los perfeccionamientos funcionales tienen valor de supervivencia, y es razonable pensar que estas disposiciones reguladas para movilizar las fuerzas del cuerpo, que entran en juego cuando es necesario, son el resultado natural de la selección en el mundo vivo.³⁵³

Esta tesis, que conlleva la idea de una “finalidad” en los procesos fisiológicos, cuyo máximo objetivo es la supervivencia, fue otro de los compromisos filosóficos de las concepciones de Cannon. Asimismo, lo era la interpretación del cuerpo como un sistema con un gran margen de acción y de seguridad. Por ejemplo, la duplicidad de muchos de los órganos por si uno de ellos se ve dañado, o que exista otro dispuesto a garantizar la función; e incluso que aquellos que son únicos, pueden seguir funcionando pese a estar mermados por enfermedad, desgaste o daños. En el fondo de este modo de ver las funciones orgánicas se esconde un patente compromiso, en efecto, con la explicación teleológica. Una finalidad que se encuentra en el diseño anatómico, en la configuración *sabia* de las formas y las funciones con el fin de preservar la vida.

³⁵³ Cannon, Walter B. (1939), p. 229.

Después de la descripción de distintos procesos homeostáticos, Cannon explicó el papel del sistema autónomo y las glándulas suprarrenales en el control de otros sistemas. Consideraba que en las actividades orgánicas cuyos procesos se encuentran interrelacionados, el sistema autónomo debe estar necesariamente involucrado. A lo largo de su libro, Cannon expuso cómo funcionan estos procesos y cómo es el sistema simpático-suprarrenal el que ayuda a acelerarlos y a hacerlos más eficientes (la coagulación de la sangre, el aumento o la disminución de la presión sanguínea, la aceleración del ritmo cardíaco, etc.). Para explicar su relación con el sistema simpático, la estrategia que siguió fue la de mostrar lo que sucedía cuando se carece de este sistema: “[...] me propongo describir la fisiología de los animales a los que, Newton, Moore y yo, hemos desprovisto de esa parte del sistema nervioso autónomo”³⁵⁴. Una de las primeras cosas que comprobó es que estos animales pueden vivir en un laboratorio incluso por un periodo de tres años y medio (quizá más, ya que los sacrificó para hacer pruebas con sus tejidos). Lo asombroso fue que mostraban muy pocas diferencias con un animal normal: las glándulas mamarias mostraban signos de atrofia como en la senectud y la estructura tiroidea presentaba áreas anómalas, pero fuera de eso no parecía haber otros problemas: “A partir de estas observaciones llegamos a la conclusión de que el nervio cervical superior y el ganglio simpático y los nervios simpáticos distribuidos hacia el estómago e intestinos no son esenciales para la vida”³⁵⁵. Asimismo, comprobó, mediante operaciones realizadas a cachorros de gato, que sin este sistema el animal también puede crecer hasta alcanzar el tamaño adulto. E incluso comprobó en autopsias que el peso, tanto de órganos como de huesos, era muy similar al de los felinos normales. Sí se pudo confirmar un descenso en el ritmo metabólico basal³⁵⁶, pero no mayor a un diez por ciento.

Después de tales observaciones, que mostraban que este sistema no es indispensable para la vida, comenzó a descubrir ciertos cambios en la realización de algunas actividades. Por ejemplo: “Cuando un gato simpatectomizado lleva a cabo una actividad muscular modelada, esta se muestra rápidamente muy defectuosa. La presión sanguínea, en lugar de aumentar, disminuye, como mostraron Freeman y Rosenblueth;

³⁵⁴ Cannon, Walter B. (1939), p. 268.

³⁵⁵ Cannon, Walter B. (1939), p. 271.

³⁵⁶ Es el valor mínimo de energía para que una célula subsista realizando funciones metabólicas esenciales como la respiración.

el animal es incapaz de mantener la acción de forma prolongada o vigorosamente”³⁵⁷. Lo mismo acontecía cuando sometían a este tipo de gatos a cierta altitud o a ausencia de oxígeno; a diferencia de los animales normales³⁵⁸, se desplomaban en muy poco tiempo (entre 15 y 20 minutos). Tampoco eran capaces de regular su temperatura, y tanto el frío como el calor les afectaba de forma muy rápida y significativa. Cuando se les inyectaba insulina, que en animales normales casi no tenía efecto, en estos gatos rápidamente sobrevenían convulsiones que de no ser por la inyección de glucosa probablemente les hubieran conducido a la muerte.

Los animales, es seguro, continúan vivos, pero viven en los confines protegidos del laboratorio donde no hay cambios drásticos de temperatura a lo largo del año y no necesitan luchar por comida, no requieren escapar de enemigos y no corren el peligro de una hemorragia. Esta es una muy especial y limitada clase de vida. Juzgando por tales observaciones podríamos fácilmente hacer la inferencia de que el sistema simpático es de una importancia menor para el funcionamiento apropiado del cuerpo. Semejante inferencia sería equivocada.³⁵⁹

Es muy probable, pensaba Cannon, que si los animales simpatectomizados se dejasen libres en el mundo exterior y tuvieran que enfrentarse a la lucha por el alimento, la seguridad y el calor, se encontrarían mucho más indefensos. Su actividad sería defectuosa bajo la perspectiva de la eficiencia de los mecanismos de estabilidad, y que colaboran especialmente en casos de estrés; no digamos en los de emergencia. Por tanto, aunque estos organismos fuesen capaces de sobrevivir en un laboratorio, es muy probable que no lo logran fuera de él.

Cannon reconoció que se encontraba todavía lejos de conocer aquellos indicadores que registran los pequeños cambios en el organismo y que activan los procesos homeostáticos para darles freno y recuperar la estabilidad perdida. Como se ha visto hasta ahora, consiguió hacer una enumeración de distintos sistemas homeostáticos y, pormenorizadamente, hizo un análisis de la cadena de actividades que acontecen en el cuerpo para mantener su eficacia. Sin embargo, no conocía cuál era el punto de partida, la señal que origina que se mande la orden a los órganos para realizar su función correctora. Más adelante comenzaría a elucidar lo que ahora conocemos como la

³⁵⁷ Cannon, Walter B. (1939), p. 276.

³⁵⁸ Se usa aquí el término “animales normales” tal como lo empleaba Walter Cannon, para referirse a aquellos animales que no han sido sometidos a la simpatectomía.

³⁵⁹ Cannon, Walter B. (1939), p. 283.

mediación química del sistema nervioso, algo sobre lo que indagó en profundidad durante los últimos estudios que realizó. En cualquier caso, cuando publicó *The Wisdom of the Body*, ya tenía clara la relación de los procesos homeostáticos con el sistema nervioso simpático y las glándulas suprarrenales, pues estos procesos se dan de forma automática sin que intervenga en ellos una dirección consciente.

Concluiremos el presente apartado haciendo la siguiente reflexión. Los sistemas homeostáticos descritos por Cannon parecen tener la finalidad de dar al organismo libertad y autonomía. Por eso insistió mucho en sus referencias al medio interno de Bernard, que mantiene al cuerpo en un estado estable frente al mundo exterior. ¿Para qué le es otorgada esta libertad respecto del medio externo a los organismos? El no tener que depender en exclusividad de los factores externos, le llevó a especular sobre una propuesta que se intentará detallar en el último capítulo de este trabajo; propuesta en torno a los niveles jerárquicos, la consciencia y la evolución.

3.5.3. Últimos estudios

Este apartado se centrará en las investigaciones que Cannon realizó hacia el final de su vida y que vieron la luz en dos libros en coautoría con Arturo Rosenbleuth: *Autonomic Neuro-Effector Systems* (1937) y *The Supersensitivity of Denervated Structures: A Law of Denervation*, publicado en 1949, cuatro años después de su muerte³⁶⁰. Sin embargo, las concepciones teleológicas y holistas de Cannon se encuentran mejor expresadas en sus estudios sobre los procesos homeostáticos. En realidad, se trata de trabajos que dan mayor solidez al conocimiento que había acumulado hasta entonces, pero su orientación teórica (o filosófica si se quiere ver así) ya estaba definida desde su teoría de la emergencia, desarrollada a finales de su segunda etapa, y que aquí se ha presentado en el apartado *Hacia una fisiología holista*.

Sus últimos estudios podrían situarse entre la publicación de *The Wisdom of the Body*, en 1932, y 1942, año en el que se retira como director del Departamento de Fisiología y de la actividad docente en Harvard. Cannon mantuvo el cargo de director

³⁶⁰Cannon muere en 1945 debido a una leucemia linfocítica crónica, en parte a causa del impacto de los rayos X de sus primeras investigaciones: “Su esposa, Cornelia James, una autora muy conocida por mérito propio, escribió después de su muerte: ‘demostró ser un mártir al trabajar con los rayos X’” (Corman, Marvin L., (ed.) (1983): “Walter Bradford Cannon 1871–1945”, *Diseases of the Colon & Rectum*, 26 (9): p. 634..

desde 1906 hasta 1942. “Durante ese largo lapso de tiempo pasaron por el laboratorio cerca de cuatrocientos científicos de todo el mundo”³⁶¹. Durante esta época trabajó también en la técnica del corazón denervado, que realizó por primera vez en 1921 y que ya se ha expuesto. Cuando practicó la escisión de las terminales nerviosas del corazón y bloqueó el acceso de las glándulas suprarrenales, pudo observar que el corazón seguía acelerándose cuando el animal era sometido a estrés. Como se ha comentado, este fenómeno dejaba de suceder si a los animales se les practicaba una simpatectomía. Gracias al análisis de lo que ocurría con los animales que carecían de sistema simpático, Cannon pudo llegar a definir el concepto de homeostasis, del que ya hemos hablado. Sin embargo, se le presentaba otro camino para la investigación: saber qué sustancia era la que ocasionaba ese efecto en el corazón y que en apariencia tenía su origen en el sistema nervioso.

Al llegar a este punto, podíamos escoger entre estudiar la fisiología de un nuevo tipo de organismo venido al mundo —un mamífero bien desarrollado privado completamente de los nervios simpáticos, supuestos necesarios— o tratar de averiguar qué aceleraba los latidos del corazón, al excitarse los impulsos simpáticos, en ausencia de todo agente conocido.³⁶²

En el otoño de 1930 Walter Cannon tuvo la posibilidad de contar con otro colaborador en sus investigaciones: Arturo Rosenblueth Stearns (1900-1970)³⁶³. En esta ocasión el ayudante provenía de México, con una beca de la Fundación Guggenheim. Dada su habilidad intelectual y su brillantez a la hora de plantear soluciones a los distintos problemas, rápidamente se ganó su atención “[...] convirtiéndose en el colaborador favorito de Cannon para el resto de su carrera”³⁶⁴. También fue importante la relación para Rosenblueth, quien comenzó a considerar a Cannon su guía y a ver en él “al hombre más amigable que he conocido”³⁶⁵. Con su nuevo asistente, Cannon volvió a

³⁶¹ Abate, Hugo (2007), p. 24.

³⁶² Cannon, Walter B. (1965), p. 104.

³⁶³ Arturo Rosenblueth entabló una sólida amistad con Norbert Wiener. Al parecer, el carácter de Rosenblueth era un poco osco y sólo Cannon y Wiener fueron sus amigos durante su etapa en Harvard. Rosenblueth colaboró intensamente en el desarrollo de la cibernética emprendido por Wiener; algo también ligado a Cannon, porque ella estaba muy vinculada al conocimiento de los procesos homeostáticos. Será en el quinto capítulo de este trabajo, cuando se traten los elementos teleológicos de la fisiología del Cannon, donde se explicará en profundidad la aportación de Cannon a los conceptos que Rosenblueth, Wiener y Bigelow presentan y que serán la base de la cibernética.

³⁶⁴ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 260.

³⁶⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 309.

intentar establecer cuál era el agente que afectaba al corazón, una vez realizada la técnica quirúrgica del corazón denervado.

Un año antes de la llegada de Rosenblueth, Cannon y otro colaborador, el radiobiólogo belga Zenon Bacq (1903-1983), habían comenzado a dar los primeros pasos en el descubrimiento del “factor X” y que terminarían por describir como una sustancia a la que denominaron *simpatina*. Así comenzaron sus trabajos sobre la mediación química de los impulsos nerviosos: “Si consideramos que estas sustancias son liberadas por impulsos nerviosos que provienen de las células efectoras, tendremos que pensar en ellas como mediadores químicos de estos impulsos”³⁶⁶. Ya que Cannon se centró en el sistema nervioso simpático (y encontró esta sustancia que para él era parecida a la adrenalina), “al venir de una fuente diferente, [se dijo] es justificable darle otro nombre”³⁶⁷), y la bautizó con el nombre de ‘simpatina’. Más adelante estas investigaciones derivarían en el hallazgo de la noradrenalina³⁶⁸.

De hecho, es raro que, en la evaluación de las contribuciones científicas de Cannon, sólo se haga una mención pasajera a la fase final de sus investigaciones fisiológicas, tal vez debido a que su trabajo sobre la hipersensibilidad de las estructuras denervadas quedó sin terminar en el momento de su muerte. Muchos atribuyen la monografía que finalmente se publicó en 1949 más a Rosenblueth que a Cannon.³⁶⁹

Fue la época posterior a una serie de investigaciones sobre la “sensibilización” (*sensitization*) de las estructuras denervadas, esto es: que ante un estímulo repetido la respuesta sea cada vez más intensa. Pero sobre todo estaba intentando establecer una ley general de la denervación. Cannon observó que tanto el músculo liso como el esquelético aumentan su respuesta a la mediación química cuando son denervados. Por tanto, llegó a la conclusión de que los órganos denervados son mucho más sensibles a los agentes estimulantes. La ley de la denervación de Cannon (que más adelante se conocerá como *Ley de Cannon*) fue definida por él así: “Cuando la unidad de una serie

³⁶⁶ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 311.

³⁶⁷ *Ibid.*

³⁶⁸ Curiosamente, en 1921 —el año en que Cannon realizaba la técnica del corazón denervado que le llevaría al descubrimiento de la noradrenalina—, Otto Loewi (1873-1961), por su parte, estudiaba la transmisión de los efectos periféricos del nervio vago y encontró un mediador químico, al cual llamó *vagustoff*, que hoy día conocemos como acetilcolina. Esto significa que mientras Cannon se centraba en el sistema simpático, Loewi lo hacía en el parasimpático. A este último se le otorgó el premio Nobel de Medicina en 1936 por sus estudios sobre la mediación nerviosa. Véase Abate, Hugo (2007), p. 44, y Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 316-318.

³⁶⁹ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 414.

de neuronas eferentes es destruida, sobreviene un incremento de la irritabilidad hacia agentes químicos en la estructura o estructuras escindidas, y el efecto es máximo en la parte que ha sido directamente denervada”³⁷⁰. Este principio podría explicar el *síndrome del miembro fantasma*, que consiste en que un paciente se sigue quejando de dolor en el miembro que le ha sido amputado. La ley de Cannon explica los mecanismos neurofisiológicos que median en el daño a largo plazo de la privación sensorial post-traumática. Esto quiere decir que el tejido que no está enervado se irá atrofiando. Y, finalmente, arroja luz sobre la pérdida de coordinación de los miembros denervados. La ley de denervación y una segunda edición revisada de *The Wisdom of the Body* en 1939 fueron los dos trabajos con los que Cannon daba fin a la década de los años treinta.

Queda añadir que en 1942 publicó lo que a la postre será su último artículo en vida, titulado “Muerte vudú” (“Voodoo’ death”), en el que se propuso describir un síndrome, el *shock por excitación emocional*, para el que sugirió como nombre el mencionado título de este pequeño ensayo. Dentro de él se plantea la muerte de “seres primitivos”, cuya convicción de haber sido presa de una maldición vudú o de un hechizo les hacía creer tan persuasivamente que iban a morir, que en verdad terminaban muriendo³⁷¹.

³⁷⁰ *Ibid.*

³⁷¹ Hugo Abate dedica su tesis doctoral a este tema. Véase Abate, Hugo (2007).

CAPÍTULO CUARTO.- EL ENTORNO CIENTÍFICO Y FILOSÓFICO DE WALTER CANNON

*Tarde o temprano, como sea, se verá que el materialismo del siglo XIX
no ha sido nada más que un remolino insignificante
en la corriente del progreso humano.*
John Scott Haldane³⁷²

*La filosofía comienza con el asombro. Y, al final, cuando el pensamiento filosófico
ha hecho ya cuanto puede, el asombro perdura.*
Alfred North Whitehead³⁷³

4.1. Encuentros y concordancia teórica

Ya desde la primera mitad del siglo xx —baste mencionar a José Joaquín Izquierdo—, los historiadores de la medicina subrayaron el nuevo rumbo que había tomado la investigación fisiológica durante las primeras décadas de dicho siglo³⁷⁴. Mostraron que la fisiología había ampliado su mirada hacia el estudio de los sistemas integrados, hacia el escrutinio de los procesos del organismo a partir de niveles jerárquicos más elevados, poniendo como centro la organización producida por la interacción de las partes y, en definitiva, hacia la concepción del organismo como un todo complejo.

En el capítulo anterior se ha mostrado que Walter B. Cannon fue un miembro insigne de estos fisiólogos. Sus investigaciones podrían considerarse el ejemplo más acabado de la fisiología holista. La descripción de la homeostasis es un estudio integral sobre la cadena de procesos que acontecen en el cuerpo para salvaguardar la estabilidad de sus sistemas. Los estudios que realizó sobre el shock traumático permiten entender lo

³⁷² Haldane, John Scott (1913): *Mechanism, Life and Personality: an examination of the mechanistic theory of life and mind*, John Murray, London, p. 73.

³⁷³ Whitehead, A.N. (2004): “Naturaleza y Vida”, *Logos. Anales del Seminario de Metafísica*, Norteamérica, vol. 37, p. 288, traducción de José Luis González Recio y Laura Nuño de la Rosa Gracia, (<http://revistas.ucm.es/index.php/ASEM/article/view/ASEM0404110257A/16079>).

³⁷⁴ Véanse, entre otros autores citados en este capítulo: Allen, Garland E. (1983): *La ciencia en la vida en el siglo XX*, Fondo de Cultura Económica, México; Allen, Garland E. (2005): “Mechanism, Vitalism and Organicism in Late Nineteenth and Twentieth-Century Biology: The Importance of Historical Context”, *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36, pp. 261-283; Coleman, William (1983): *La Biología en el Siglo XIX. Problema de Forma, Función y Transformación*, Fondo de Cultura Económica, México; Geymonat, Ludovico (ed.) (1985): *Historia del Pensamiento Filosófico y Científico*, Ariel, Barcelona; Izquierdo, J. Joaquín (1941): “Prólogo”, en Cannon, Walter B., *La sabiduría del cuerpo*, traducción de A. Pi Suñer, Séneca; García Barreno, Pedro (2005): “Prólogo”, en Bernard, Claude, *Introducción al estudio de la medicina experimental*, Crítica, Barcelona.

que acontece dentro del cuerpo cuando un sistema se ve colapsado por haber perdido su equilibrio y cómo esto afecta a subsiguientes sistemas, hasta producir un desbordamiento del organismo, que de no amortiguarse, puede llevar al individuo a la muerte. Y, finalmente, a partir de sus estudios sobre las emociones, como son la furia, el miedo, el dolor o sensaciones como la sed y el hambre, Cannon llegó a desarrollar su teoría de la emergencia. En ella señala una serie de procesos que están diseñados con el fin de que en casos de emergencia el cuerpo se encuentre en óptimo estado para luchar o huir. Lo anterior pone de manifiesto la visión teleológica que Cannon tiene sobre la dinámica del organismo, en la que sus concretas operaciones parecen estar integradas con la finalidad de la supervivencia, tanto en situaciones normales (manteniendo las constantes del cuerpo gracias a los procesos homeostáticos), como en las de peligro (mediante aquellos procesos que aceleran los efectos resultantes de la homeostasis).

Cannon convivió con otros fisiólogos, teóricos y filósofos cuyas investigaciones y especulaciones eran paralelas a las suyas. Dos figuras cercanas a su entorno profesional fueron, por un lado, Lawrence Joseph Henderson y, por otro, Alfred North Whitehead. El primero de ellos fue también profesor e investigador en Harvard; el segundo fue invitado a dar clases de filosofía en esta misma universidad y una serie de conferencias en el Instituto Lowell. Otra figura próxima es la de John Scott Haldane, con el que Cannon colaboró en su estancia en Francia durante la Primera Guerra Mundial y con quien después mantuvo contacto. En el capítulo anterior se ha narrado cómo Cannon trazó prácticamente por azar —no sin falta de astucia para resolver los enigmas con los que se encontró y con una brillante visión para crear hipótesis originales— el trayecto del que surgieron sus estudios fisiológicos. Aunque la cercanía con estos personajes en los aspectos más filosóficos y teóricos de su concepción sobre el organismo es patente, en realidad no existe verdadera evidencia de que unos hayan influido en las obras de los otros. Para cuando Cannon entró en contacto con Henderson, y posteriormente con Haldane, ya había desarrollado su teoría de la emergencia. Y el encuentro de Whitehead con Henderson se produjo después de que este último comenzara a poner en práctica su sistema de nomogramas (del que se hablará pronto) y comprendiera la interrelación química de los distintos elementos integrados en el torrente sanguíneo. En este capítulo se mostrará cómo fueron desarrollándose de forma independiente las investigaciones de cada uno de los autores mencionados.

Para Garland Allen, la figura de Whitehead es el eslabón que consigue enlazar y dar coherencia teórica al materialismo holista: “Aun cuando no se le llamase por ese nombre, equivalía a una nueva visión filosófica a la que dio formulación explícita como mecanicismo orgánico Alfred North Whitehead”³⁷⁵. Sin embargo, volviendo a la figura de Henderson, se intentará explicar a continuación que cada uno de los dos fisiólogos (Cannon y Henderson) consiguió de forma independiente el soporte filosófico para sus respectivas teorías. Es cierto, no obstante, que estos autores se mantuvieron al tanto de los trabajos y avances que iban realizando sus colegas, y ello probablemente les ayudó a reforzar sus posturas. En efecto, aunque practicaban diferentes líneas de investigación, permanecieron informados de sus respectivos estudios. Además, no es difícil encontrar similitudes en sus obras y apreciar que son coincidentes con ciertas reflexiones de Whitehead. Tanto a Cannon, como a Henderson, Whitehead y Haldane, de una u otra forma, puede calificárseles de organicistas. Ya fuese por sus investigaciones fisiológicas o por su formación filosófica, supieron proyectar el análisis fisiológico-holista, llevándolo en algunos casos —como ocurre con Haldane y Whitehead— a una explicación sobre el universo que es entendido a la manera de un gran organismo en el que todo está relacionado.

En este capítulo se explicará la relación de Cannon con estos tres representantes del holismo. Una relación que empieza cuando Cannon conoce en persona a Henderson en 1914 y con su ayuda puede explicar y divulgar su teoría de la emergencia en el Instituto Lowell, lugar al que Whitehead también será invitado para dar una serie de conferencias diez años después. Por otro lado, Cannon conoció a Haldane en 1918 durante una cena que ofreció la *Royal Society* de Londres, en la que se buscaba intercambiar ideas sobre problemas fisiológicos, especialmente aquellos relacionados con secuelas derivadas de la guerra (el shock traumático, el envenenamiento por gases, etc.). Más adelante, tuvieron nuevos contactos gracias a los cuales seguirían comunicándose sus ideas. A continuación se hará una reseña de las obras de cada uno de estos autores y se intentará delimitar aquellos puntos que tienen en común con las investigaciones de Cannon.

³⁷⁵ Allen, G.E. (1983): *La ciencia en la vida en el siglo XX*, Fondo de Cultura Económica, México, p. 229.

4.2. Los procesos de integración en la sangre y los nomogramas de Henderson

Lawrence Joseph Henderson, además de fisiólogo, fue químico, biólogo, filósofo y sociólogo. Nació en Lynn (Massachusetts) en 1878, el mismo año en que murió Claude Bernard. Durante su educación primaria encontró las matemáticas peculiarmente sencillas y manifestó un especial interés por la física. Empezó a estudiar en el Instituto de Harvard en 1894, a la edad de 16 años. Durante este periodo, su principal afición fue la química. Incluso llegó a plantearse seriamente el estudio de cuestiones químico-biológicas, pero desafortunadamente para él entonces no se ofrecían cursos sobre estos problemas. Pudo asistir, en cambio, a clases de física y química, lo que le permitió introducirse en el análisis de las soluciones químicas y del equilibrio ácido-base, que, como se verá más adelante, fue uno de sus principales objetos de estudio, especialmente en sus descripciones de las condiciones químicas de la sangre.

En 1898 entró en la Escuela de Medicina de Harvard. No pensaba prepararse para la práctica médica, pero la formación que iba a adquirir le ayudaría a ver la importancia de la medicina en el desarrollo de la ciencia, brindándole, además, un primer contacto con ciertos procesos fisiológicos que en el futuro centrarían sus investigaciones. Se graduó como médico en 1902 y, siguiendo la tradición de muchos investigadores que buscaron una formación especializada fuera de Estados Unidos, se fue a trabajar al laboratorio fisiológico de Franz Hofmeister (1850 -1922) en Estrasburgo (entonces, Alemania). Durante dos años se dedicó a la investigación químico-biológica. A su vuelta a Estados Unidos le fue ofrecida la posibilidad de ser instructor en esa materia dentro del Instituto de Harvard, convirtiéndose en el primer profesor de la disciplina en la prestigiosa institución. “Así comenzó una asociación con la universidad que duraría toda su vida.”³⁷⁶ Con el tiempo consiguió la promoción como profesor titular (1910), como catedrático (1919) “y como profesor *Abbott y James Lawrence* desde 1934 hasta su muerte”³⁷⁷. Según afirma John Parascandola, “la vida de Lawrence Henderson se encuentra unida de forma intrincada a la historia de la Universidad de Harvard durante la primera mitad del siglo XX”³⁷⁸. Su figura estuvo asociada a tres instituciones de esta

³⁷⁶ Cannon, Walter B. (1943): *Biographical Mermories of Lawrence Joseph Henderson*, Nacional Academy of Sciences of the United States of America, Vol. XXIII, p. 33.

³⁷⁷ *Ibid.*

³⁷⁸ Parascandola, John (1992): “L. J. Henderson and the Mutual Dependence of Variables: From physical chemistry to Parapeto”, Elliot, Clark A., Rossiter, Margaret W. (eds.): *Science at Harvard University: Historical perspectives*, Lehigh University Press, Bethlehem, p. 167.

universidad: el Instituto de Harvard, la Escuela de Medicina y la Escuela de Administración y Negocios.

Como se verá más adelante, al igual que Cannon, Henderson también fue un promotor de la institucionalización de la fisiología experimental, lo que puede constatarse por su participación activa en la fundación y dirección del *Laboratory of Physical Chemistry* y del *Fatigue Laboratory*, ambos pertenecientes a Harvard y relacionados con la Escuela de Medicina y con la Escuela de Negocios y Administración respectivamente. A Henderson le caracterizó su interés multidisciplinar, que hizo que investigara en distintas áreas, como fueron la química, la fisiología, la sociología e incluso la filosofía de la ciencia. “Estos esfuerzos interdisciplinarios pudieron haber tenido un especial apoyo por parte del rector Lowell, quien [...] estuvo muy preocupado por la falta de coordinación entre las diferentes unidades de Harvard.”³⁷⁹

En los primeros pasos que dio como investigador, Henderson centró sus estudios en la química biológica, analizando la acidez en la orina. Esto le llevaría a ocuparse del equilibrio ácido-base, especialmente con respecto a la función de los riñones y su excreción de fosfato. Sin embargo, poco después sintió un gran interés por cuestiones filosóficas que, a diferencia de lo que ocurre con Cannon³⁸⁰, surgieron desde sus primeros años dedicados a la investigación. Cuando comenzó sus estudios sobre la relación ácido-base (en 1905), propuso la idea de “equilibrio” o “adecuación” (*fitness*) respecto del medioambiente como el fundamento sostenedor de la vida. También le llamaron la atención los distintos procesos que actúan en el organismo para obtener ventajas que garanticen su supervivencia: “La habilidad del cuerpo de mantener su neutralidad depende no sólo de las propiedades de las sustancias amortiguadoras, sino también de los procesos fisiológicos, como la producción de dióxido de carbono, el control de la respiración y la formación de orina”³⁸¹. Siguiendo esta línea de investigación, en 1913 publicó *The Fitness of Environment*, donde revisó la importancia de elementos como el carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno para la vida,

³⁷⁹ Parascandola, John (1992), p. 168.

³⁸⁰ Henderson, como tendremos ocasión de ver, profundizó en el estudio de la relación ácido-base una década después de formular sus primeras ideas filosóficas. El resultado de sus investigaciones fue la actual fórmula Henderson-Hasselbalch. Este logaritmo (del pH) vio la luz en 1916. Cannon, en cambio, como se ha explicado en el capítulo anterior, fue adentrándose en los problemas fisiológicos primero y poco a poco éstos le llevaron a formular conceptos de índole filosófica (como fueron los implicados en la teoría de la emergencia o la homeostasis).

³⁸¹ Parascandola, John (1992), p. 173.

llegando a la conclusión de que no existe mejor medioambiente que el que puede hallarse en la Tierra, gracias a las propiedades de estos elementos:

Ningún otro ambiente conformado por componentes primordiales de elementos conocidos, o que carezca de agua y ácido carbónico, podría llegar a poseer un número de características aptas o esa serie de cualidades de elevada adaptación o capacidad de adecuación que da origen a la complejidad, la durabilidad y el metabolismo activo propios de ese mecanismo orgánico al que llamamos vida.³⁸²

Por consiguiente, el surgimiento y desarrollo de los seres vivos se debe a la adecuación de los elementos que existen en la Tierra de una forma tan organizada que no puede obviarse la tendencia o finalidad que subyace en este equilibrio. Para Henderson, la propuesta de Darwin basada en la selección natural era una explicación insuficiente. Consideraba que en realidad existe un proceso de ordenación en el que el medio brinda los elementos adecuados para la vida (que en otros ambientes no se encontrarían) y que los organismos vivos se aprovechan de estos componentes para adaptarse: “Henderson apuntó que la tendencia teleológica existente trabajaba de forma paralela al mecanicismo sin intervenir en él”³⁸³. La idea fue expuesta de forma más elaborada en su libro *The Order of Nature*, que publicó en 1917. En esta obra mostró la posibilidad de convivencia del mecanicismo y la teleología, pues el ambiente brinda una unidad armónica para que los sistemas físico-químicos puedan desarrollarse en él. En la introducción del libro anticipa: “Y quiero decir esto tan claramente como sea posible— el presente ensayo sólo intenta demostrar la existencia de un nuevo orden entre las propiedades de la materia, y examinar el carácter teleológico de este orden”³⁸⁴.

Sin embargo, fue en los estudios fisiológicos donde pudo encontrar una mejor justificación de sus postulados filosóficos. Al principio, su investigación estuvo enfocada hacia la explicación físico-química de la estabilidad de los fluidos corporales, especialmente de la concentración de iones de hidrógeno en la sangre, o sea, de la regulación ácido-base y su alteración. Más adelante se centró en la acción amortiguadora de la sangre. “Claramente, en 1906, el equilibrio ácido-base comenzó a atraer su atención. Ese año apareció un artículo sobre el equilibrio en soluciones de

³⁸² Henderson, Lawrence J. (1927): *The Fitness of Environment: An inquiry into the biological significance of the properties of matter*, The McMillan Company, New York, p. 272.

³⁸³ Parascandola, John (1992), p. 174.

³⁸⁴ Henderson, Lawrence J. (1917): *The Order of Nature: an essay*, Harvard University Press, Cambridge, p. 9.

fosfato; en 1907, dos artículos sobre la constancia de neutralidad en el organismo animal; y en 1908, una serie de artículos sobre el mismo tema, entre ellos uno sobre la regulación de la neutralidad y, muy importante para posteriores estrategias, uno sobre la representación en diagramas del equilibrio entre soluciones ácido-base.”³⁸⁵ En sus investigaciones descubrió la función —un aspecto muy significativo del proceso de regulación— que tiene el ácido carbónico en el mantenimiento de la neutralidad de una solución. Este hecho le llevó a pensar en los mecanismos de adaptación de la sangre para mantener la estabilidad de las sustancias que la constituyen (especialmente su composición ácido-base). Es decir, sus estudios mostraron “cómo los numerosos componentes de un sistema fisiológico dependen unos de otros, y de qué manera [...]”³⁸⁶.

Dado que su formación estuvo muy influida por la tradición de los reduccionistas alemanes, Henderson consideró necesario utilizar los métodos físico-químicos en sus investigaciones. De hecho, desde el principio de sus análisis entendía que las propiedades biológicas también podían enfocarse de manera cuantitativa. Sus primeros trabajos los realizó sobre la concentración de hidrógeno (H^+) y la cantidad de ácido o sales sin disociar en una solución acuosa, lo que le permitió establecer cuantitativamente los sistemas de amortiguamiento, o sea, cómo las sustancias amortiguadoras consiguen mantener una solución estable en iones de hidrógeno, pese a que externamente haya cambios de ácidos y bases débiles.

Henderson conocía que este proceso también se realizaba en el interior del organismo, manteniendo una composición ácido-base estable: logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones (pH). El problema surgió para Henderson al comprobar que las sustancias amortiguadoras en el cuerpo humano eran demasiado complejas y numerosas, lo que no podía compararse con sus análisis previos sobre soluciones acuosas simples. Los fluidos de la sangre y los tejidos cuentan con varios sistemas

³⁸⁵ Cannon, Walter B. (1943), p. 34. Cannon hace referencia a: Henderson, Lawrence J. (1906): “Equilibrium in Solution of Phosphates”, *American Journal of Physiology*, 15. Black, O.F.; Henderson, Lawrence J. (1907): “Concerning the Neutrality of Protoplasm.” *American Journal of Physiology*, 18. Webster, H. B.; Henderson, Lawrence J. (1907): “The Preservation of Neutrality in Culture Media with the Air of Phosphates”, *Journal Medical Research*, 16. Henderson, Lawrence J. (1908): “The Efficiency of the Neutrality Regulation in the Animal Organism”, *Journal of Biology Chemistry*, 4. Henderson, Lawrence J. (1908): “The Theory of Neutrality Regulation in the Animal Organism”, *American Journal of Physiology*, 21.

³⁸⁶ Allen, G.E. (1983), p. 212.

amortiguadores: “cada uno por sí solo tiene una capacidad limitada, pero juntos tienen una capacidad enormemente incrementada para regular con amplitud el pH ”³⁸⁷.

En su libro *Blood: A Study in General Physiology*, Henderson ya muestra una opinión diferente hacia los procesos biológicos. Sigue utilizando una metodología físico-química, pero se da cuenta de las limitaciones con las que se encuentra al utilizar estudios completamente reduccionistas y el análisis simplificado de las partes por separado, referido a las distintas sustancias que participan en un proceso:

Estos fenómenos son físicos y químicos; deben ser estudiados por los métodos de la física y la química; son condicionados por las mismas fuerzas de la física y la química que se encuentran entre los fenómenos inorgánicos. Pero dentro del ser viviente siempre hay también armonía, organización e integración, y esta es su característica más impresionante.³⁸⁸

Henderson centró su atención en la sangre, la cual entendía como uno de los fluidos centrales del organismo. Y aunque era conocedor de que la sangre de los vertebrados es un sistema que cuenta con sustancias físico-químicas de gran complejidad, también creía que el conocimiento de su composición era incompleto y que los métodos empleados en su análisis eran, la mayoría de las veces, sólo aproximativos. Asimismo, era consciente de que este fluido, al igual que el organismo en general, no podía ser explicado mediante un estudio simplificado de sus componentes. Son tantas las sustancias, tejidos y órganos que están interrelacionados, y tantas las modificaciones que en cada uno de esos sistemas ocurren, afectando y repercutiendo en los otros de manera constante, que la atención tiene que centrarse en el orden completo. Por ejemplo, Henderson explicó la relación del oxígeno con otras sustancias para mostrar el alto grado de conexión entre los elementos:

Así en la sangre, el oxígeno afecta el equilibrio de ambos, de la hemoglobina y el equilibrio ácido-base. Quizá se pueda decir que el protoplasma es caracterizado por una gran dependencia cuantitativa de cada variable sobre las otras [...]. Ciertamente una de las principales peculiaridades del protoplasma es el alto grado de conexión (o bajo grado de independencia) entre sus componentes [...]. Pero se debe afirmar que esto es verdad para cada uno de los bien-integrados *todos*, por ejemplo, un átomo, una molécula o un reloj.³⁸⁹

³⁸⁷ Allen, G.E. (1983), p. 214.

³⁸⁸ Henderson, L.J. (1928): *Blood: A Study in General Physiology*, Yale University Press, New Haven, pp. 3-4.

³⁸⁹ Henderson, L. J. (1928), p. 11. La cursiva es de Henderson.

En su libro dedicado a la sangre, Henderson se marcó como objetivo estudiar los constituyentes que conforman este fluido, a saber: agua, dióxido de carbono, oxígeno, ácido clorhídrico, otros tipos de ácidos, aunque dejó sin examinar las proteínas del plasma. Entendía confirmada la teoría del *milieu intérieur* de Bernard que, según Henderson, se formuló cuando el conocimiento de la composición de la sangre era escaso y cuando el estudio físico-químico estaba poco desarrollado, siendo imposible un estudio cuantitativo. “[...] ha recibido una notable confirmación, especialmente mediante los descubrimientos y avances teóricos de este siglo, pero tiene que ser evidente que no puede existir más que una mera aproximación a la constancia de las propiedades de la sangre”³⁹⁰.

Para Henderson, al igual que para Cannon, la sangre es un claro ejemplo de medio interno cuyos elementos mantienen un equilibrio que se expresa en la temperatura, la viscosidad, el ciclo respiratorio con las variaciones de oxígeno y dióxido de carbono, etc. Pese a estos estándares de estabilidad, los procesos fisiológicos que se desarrollan en este líquido corporal son cambiantes. Henderson entiende que las modificaciones pueden resumirse en: a) la transición de sangre arterial a venosa y de venosa a arterial; b) la disminución de la masa de células (anemia) o de sus reservas, y c) la disminución de la base accesible para transporte de ácidos carbónicos (acidosis) o su aumento (alcalosis). En su opinión, este equilibrio puede variar, dependiendo de las necesidades y cambios que vayan surgiendo en cada una de las partes que componen este armonioso sistema. “Como resultado de dicho fenómeno, cada constituyente de la sangre debe estar constantemente variando en concentración.”³⁹¹

Entonces todavía se creía que las propiedades de la sangre eran constantes o, si algún investigador pensaba que éstas podían ser variables, concebía que cuando la sangre entraba en contacto con un órgano, un tejido e incluso en cada porción capilar, dichas propiedades se volvían constantes. Henderson desmintió esta suposición, bajo la idea de que las propiedades de la sangre son siempre cambiantes aunque algunas veces esto sea imperceptible. El sistema de “corrección” actúa a través del cambio de metabolismo, cuando sobreviene una alteración en alguno de los órganos o tejidos y, sobre todo, cuando aparece una patología. Después de brindar repetidos ejemplos de

³⁹⁰ Henderson, L. J. (1928), p. 29.

³⁹¹ *Ibid.*

estas variaciones concluye: “Ahora parece que todos los equilibrios físico-químicos que hemos abordado por partes son un solo equilibrio. Ninguno de estos procesos puede modificarse sin alterar los otros y estas alteraciones siempre son grandes. Ello no era algo que pudiera esperarse en el terreno químico”³⁹².

El estudio de la sangre ocupó a Henderson entre 1913 y 1919 y el principal problema que encontró fue cómo explicar la multitud de variables que interaccionan en el fluido simultáneamente. Mientras realizaba estas investigaciones, recordó el tratado de Josiah Williard Gibbs (1839-1903) *Sobre el equilibrio de sustancias heterogéneas*, que fue para él una ayuda esencial en el análisis matemático de los movedizos elementos de la sangre. Más adelante conoció el método nomográfico de P. Maurice d’Ocagne (1862-1938), y lo utilizó en sus investigaciones para representar gráfica y cuantitativamente las interrelaciones entre los numerosos componentes y reacciones presentes en el fluido sanguíneo. El nomograma muestra los efectos de los cambios producidos en una variable sobre las demás, que, como se ha mencionado previamente, son muchos:

La variación de un solo componente afecta a la concentración de iones de hidrógeno de las células tanto directa como indirectamente y esto se resiste a un análisis si no es por medio de un nomograma, de lo que se puede concluir que la concentración de iones de hidrógeno es determinada por el sistema como un todo.³⁹³

Su destreza con las matemáticas, sus conocimientos fisiológicos y químicos, así como la ayuda de las mediciones obtenidas mediante aparatos físico-químicos le proporcionaron las herramientas para la aplicación del nomograma en su estudio de la sangre:

[...] porque la descripción de un sistema en donde actúan muchas variables en un estado de dependencia mutua se hizo posible, pero sólo con la ayuda de las matemáticas. De otra manera, no es factible siquiera empezar a pensar acerca de este sistema como un todo, mientras que el estudio de las partes es, en general, tan difícil como erróneo.³⁹⁴

Henderson publicó sus investigaciones en varios artículos, y en el libro anteriormente citado expuso todos los resultados. En él concluyó que la sangre existe en un estado de heterogéneo equilibrio y que, supuesto un cambio en una de sus partes, éste se acompañará de muchos otros dentro del sistema con el objetivo de mantenerlo

³⁹² Henderson, L. J. (1928), p. 30.

³⁹³ Henderson, L. J. (1928), p. 369.

³⁹⁴ Henderson, L.J. (1928), p. 355.

estable. El procedimiento matemático empleado para abordar las variaciones mostró que era útil no sólo para analizar sistemas complejos como los amortiguadores de la sangre, sino también para el estudio de otros procesos fisiológicos. “Por tanto, debe llegar el tiempo en el que la ciencia de la fisiología patológica conciba el estudio de la mutua dependencia entre muchas variables.”³⁹⁵ Pero lo más importante es que con estos trabajos puso de manifiesto la necesidad de comprender el organismo como un todo integrado:

El persistente estudio de la mutua dependencia entre las variables fisiológicas, lleva a un lento pero mejor entendimiento de una concreta realidad o, en otras palabras, a una descripción del organismo como un todo. En particular, estamos alcanzando una concepción del organismo como un complejo e inmenso sistema en equilibrio.³⁹⁶

Sus descubrimientos nunca se alejaron del empleo de una metodología físico-química, ya que Henderson entendía que los sistemas de amortiguamiento no eran entidades misteriosas o de una naturaleza imponderable, como podían haber creído los vitalistas, sino redes de reacciones químicas sometidas a las leyes de la física y la química. Por tanto, su metodología pudiera parecer cercana a una concepción mecanicista de la actividad biológica, aunque como se ha visto, pronto se aleja de ella para convertirse en holista. Por otro lado, Henderson colaboró también en el fenómeno de la institucionalización, creando el laboratorio de Física y Química de la Escuela de medicina de Harvard en 1920: “Bajo el liderazgo de su protector, el profesor Edwin J. Cohn³⁹⁷, su laboratorio hizo grandes contribuciones al conocimiento de las distintas fracciones proteicas de la sangre –un constituyente del cuerpo en el que Henderson siempre estuvo interesando”³⁹⁸. En 1927 fundó el Laboratorio de la Fatiga en la Escuela de Negocios de Harvard, “con fondos de la fundación Rockefeller y comenzó con Elton Mayo la investigación sobre la fisiología y psicopatología del trabajo industrial”³⁹⁹. Tenía la idea de establecer un centro que promoviera la investigación de la biología humana “dando una descripción de los individuos y su medio ambiente”⁴⁰⁰. En el

³⁹⁵ Henderson, L.J. (1928), p. 360.

³⁹⁶ Henderson, L.J. (1928), p. 362.

³⁹⁷ Edwin Joseph Cohn (1892-1953) fue uno de los primeros científicos que trabajaron en la composición físico-química de las proteínas y fue uno de los promotores de las investigaciones sobre la separación de los componentes de la sangre para su posterior estudio.

³⁹⁸ Mayer, Jean (1968): “Lawrence J. Henderson: A Biographical Sketch”, *The Journal of Nutrition*, 94, p.4.

³⁹⁹ Albury, R. William, Cross, Stephen J. (1987), p. 177.

⁴⁰⁰ Parascandola, John (1992), p. 184.

laboratorio no sólo se hicieron estudios sobre el agotamiento padecido por los trabajadores, sino también sobre otros aspectos relacionados con la fisiología, como eran el desgaste muscular, el cansancio y sus conexiones con la nutrición. También, dada la formación de Henderson, se llevaron a cabo investigaciones con respecto a la sangre y la respiración.

Por todo lo anterior, se puede afirmar que Henderson es un representante de la fisiología holista. Prestó atención a la compleja interrelación de los componentes de los organismos, practicó técnicas físico-químicas, colaboró en la propagación de los institutos de investigación experimental y, finalmente, consiguió sortear la complejidad que conlleva el estudio simultáneo de un amplio número de parámetros y componentes fisiológicos a través de la aplicación del nomograma; lo que justifica que se vea en sus trabajos un consistente programa de análisis fisiológico basado en la cuantificación.

4.2.1. Cannon y Henderson: el Instituto Lowell

Cuando Walter B. Cannon comenzó a acumular evidencias sobre la acción del sistema nervioso, las glándulas suprarrenales y la influencia de la secreción de adrenalina en ciertos procesos biológicos (el cese de movimientos peristálticos, la aceleración en la coagulación de la sangre o la reactivación inmediata de un músculo agotado) empezaron a sentarse las bases de su teoría de la emergencia. Como se ha visto en el capítulo anterior, esta teoría aparece de forma sistematizada en el libro *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*⁴⁰¹, y postula que cuando el individuo es presa de una gran excitación emocional la producción de adrenalina aumenta. Cannon comprobó que estos estados psicológicos (las emociones) tienen una influencia más profunda de lo que se pensaba en las operaciones fisiológicas. De hecho, para Cannon estas operaciones que se activan en el organismo tienen la finalidad de salvaguardar la supervivencia del individuo en momentos de emergencia en los que su vida depende de la capacidad para poder luchar o huir.

Una vez alcanzadas estas ideas, deseaba comenzar a divulgarlas. Para conseguirlo, Cannon entabló relación con Henderson. En realidad el encuentro que tuvieron en agosto de 1914, en Cambridge (Boston), fue fortuito. Sin embargo, Cannon

⁴⁰¹ Cannon, Walter B. (1915): *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: an Account of Recent Researches Into the Function of Emotional Excitement*, Appleton, New York.

no dejó pasar la oportunidad y le habló de sus últimos trabajos: “y aprovechó la ocasión para explorar las posibilidades de dar unas conferencias basadas en sus investigaciones sobre las glándulas suprarrenales en el Instituto Lowell”⁴⁰². Dicho instituto fue fundado en 1836 y se había dedicado a patrocinar conferencias públicas y gratuitas, así como otros programas educativos en Boston. Fue concebido y financiado por el empresario John Lowell, Jr., quien, al morir, dejó una parte sustancial de sus bienes a una fundación benéfica dedicada al “mantenimiento y apoyo de conferencias públicas [...] para la promoción de la moral y la instrucción intelectual y física o la educación de los ciudadanos de dicha ciudad de Boston”⁴⁰³. En otoño de 1903, Abbott Lawrence Lowell, quien desempeñó el cargo de rector de Harvard entre 1909 y 1933, se convirtió en el fiduciario del instituto sucediendo a su padre, Augustus Lowell. De esta forma, Harvard y el Instituto Lowell iniciaron una relación muy estrecha. Por ejemplo, una de las primeras acciones de Abbott Lowell fue la de abrir a todo el público la posibilidad de asistir a algunas de las clases que se impartían en la universidad y que iban dirigidas a los alumnos de primer curso.

Por otro lado, “Henderson formaba parte de la familia Lowell por su matrimonio con Edith Lawrence Thayer y admiraba mucho a Cannon”⁴⁰⁴. Al poco tiempo de su encuentro añadió su nombre en la lista de posibles colaboradores, para que los miembros de la administración del instituto lo tuvieran en cuenta al programar próximas conferencias. Así fue como más adelante Cannon recibió una invitación formal para impartir una serie de seis lecciones en este instituto, en otoño de 1914. Las lecciones tuvieron como tema principal los cambios corporales bajo la excitación emocional: “sus conferencias Lowell causaron gran interés no sólo en Harvard, sino en toda la comunidad de Boston”⁴⁰⁵. Así comenzó la relación entre Cannon y Henderson, habiendo quedado evidencia de su mutuo reconocimiento. Cuando Cannon viajó a Europa para encargarse del problema del shock, descubrió en las autopsias que los pacientes habían sufrido acidosis (acidez en la sangre) y pensó que ello debería ser una clave de lo que ocurría en ese estado. Escribió una carta a su mujer en estos términos: “Me encantaría que Lawrence Henderson estuviera aquí. El efecto de la acidosis en el

⁴⁰² Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987): *Walter B. Cannon: The Life and Times of a Young Scientist*, The Belknap Press of Harvard University Press, USA, p. 317.

⁴⁰³ <http://www.lowellinstitute.org/Index.cfm>

⁴⁰⁴ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 317.

⁴⁰⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 320.

caso de la afección por gas es especialmente importante y él es una de las primeras autoridades en este tema. Si todavía sigues en Cambridge, pídele que me envíe una reimpresión de su discusión general sobre el equilibrio ácido-base en la sangre”⁴⁰⁶. Sin embargo, pese a todo esto, no se puede concluir que exista una verdadera influencia recíproca en sus respectivos trabajos. Como es fácil comprobar, la fecha en la que se conocieron es posterior a la publicación de los estudios donde ambos ya mostraban un vivo interés por los procesos de integración en el organismo. Lo que no puede negarse es la existencia de una afinidad en sus investigaciones; hecho que posiblemente favoreció con el tiempo la consolidación de su amistad⁴⁰⁷. Asimismo, el Instituto Lowell resultó ser el escenario en el que Whitehead debutó con la serie de conferencias en las que planteaba su propuesta organicista. Como se verá más tarde, fue también Henderson quien invitó a Whitehead a impartir estas charlas en 1924, que reseñaría el año siguiente.

4.2.2. Comparación de las teorías holistas de Henderson y Cannon

A diferencia de Walter Cannon, Henderson comenzó a construir su concepción organicista desde sus primeras investigaciones. Cuando formuló el Logaritmo Negativo de la Concentración de Hidrogeniones (pH), comprendió el equilibrio al que ciertas sustancias tienden de forma natural. Este hecho justificó su previa aceptación de la importancia que tenía el medio ambiente y sus cualidades organizadas en el surgimiento de la vida, a través de una cadena cuya única explicación puede ser teleológica:

El conjunto de las propiedades de los elementos hidrógeno, carbono y oxígeno, reúnen la mayor parte de estas características. Conducen, como hemos visto, a la presencia de agua y dióxido de carbono en la atmósfera, y comienzan el ciclo meteorológico. Este ciclo regula la temperatura de la Tierra [...] los deposita en una gran variedad de formas y de modo inagotable en el océano; se pulverizan y dispersan todo tipo de minerales insolubles, diversificando así la Tierra [...]; y todos estos procesos no serían tan perfectos, o mejores de lo que son, de no ser por el gran número de propiedades

⁴⁰⁶ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000): *Walter B. Cannon, Science and Society*, Boston Medical Library, Boston, p. 3.

⁴⁰⁷ Cannon participó durante muchos años en un encuentro periódico que surgió entre amigos y que se llamó *Tuesday Evening Club*, en el que se reunían distintos colegas de la Universidad de Harvard a charlar de forma distendida sobre temas de interés. Muchas veces sólo comentaban las investigaciones que cada uno realizaba en su respectiva área de estudio. Tanto Cannon como Henderson coincidieron en estas reuniones. También hay constancia de visitas de Henderson para cenar en casa de Cannon. Véase Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 391.

diferentes con las que cuenta el agua. [...] Sin todas estas sustancias, ya sean inorgánicas u orgánicas, resultado de las propiedades del agua y del dióxido de carbono, la construcción de esta multiplicidad casi infinita de fases y sistemas no sería posible. [...] No sólo son las leyes de la naturaleza en cuestión, sino también las características del sistema solar, las características peculiares de la Tierra, y especialmente el misterioso origen de la vida. Sin estos eventos el proceso evolutivo pudo haber permanecido en un estado mucho más simple.⁴⁰⁸

Ya desde sus primeras publicaciones queda patente que, para Henderson, la idea de evolución de Darwin, donde los organismos van modificándose en un azaroso ensayo y error, no le parece satisfactoria por completo. Henderson consideraba que en la Tierra existen los elementos propicios para la vida y ya en ellos se encuentra, de forma inherente, un orden. Que la unión de los elementos se haya dado por accidente, en una colaboración entre unos y otros, le parece una explicación muy simplista. “No podemos imaginar otra interacción entre las propiedades del hidrógeno, carbono y oxígeno, y ningún proceso de la evolución del planeta [...] mediante el cual se pudieran haber modificado las propiedades de los elementos que se van produciendo a lo largo de todo el universo. Por lo tanto, las propiedades de los elementos deben considerarse como poseedoras de un carácter teleológico.”⁴⁰⁹ Más tarde, cuando Henderson comenzó sus estudios sobre la sangre, consiguió encontrar la evidencia que le ayudó a sostener la relación que existe entre estos componentes (hidrógeno, carbono, nitrógeno, etc.) en el balance químico interno de los organismos. Esto le sugería que aportaba un apoyo sólido, a través de la fisiología, a la relación teleológica entre dichos constituyentes. Sin embargo, es importante aclarar que Henderson ya contaba en el inicio de sus estudios fisiológicos con la idea de que el universo está compuesto de organismos de diferentes niveles jerárquicos; desde una molécula a un ser vivo y desde un individuo a la sociedad en general.

Como se ha visto en el capítulo anterior, Cannon comenzó sus trabajos partiendo de una posición mecanicista, y fueron los enigmas que se le presentaron, así como su gran creatividad para resolverlos, los que le proporcionaron claves para concebir la teoría de la emergencia y posteriormente la noción de homeostasis. A diferencia de lo que ocurre en Henderson, su creatividad teórica surge de las experiencias que se le presentan cuando investiga en fisiología. En cualquier caso, los

⁴⁰⁸ Henderson, Lawrence J. (1917): *The Order of Nature: an essay*, Harvard University Press, Cambridge, pp. 181-183.

⁴⁰⁹ Henderson, Lawrence J. (1917), p. 192.

dos encuentran en el organicismo una perspectiva satisfactoria sobre la naturaleza de los seres vivos e incluso proyectarán ese organicismo al ámbito de lo social⁴¹⁰.

A partir de la década de 1920, según Allen, comenzó a imponerse en los problemas fisiológicos el enfoque basado en la idea de integración. Como se ha visto a lo largo de este trabajo, el cambio de perspectiva comenzó a imponerse en realidad ya en la primera década del siglo XX. En cualquier caso, Allen define a Cannon y a Henderson como materialistas holistas⁴¹¹, reconociéndoles el empleo de una metodología basada en la experimentación, el uso de laboratorios que contenían aparatos de medición físico-química, la idea de que la peculiaridad de la vida no radicaba en principios imponderables y, finalmente, su concepción materialista de la naturaleza, es decir, la creencia de que la materia no era más que el resultado de la interacción entre átomos y moléculas que trabajaban ateniéndose a leyes físicas. Por otro lado, examina aquellos factores que los diferencia de los mecanicistas y que consisten en el cambio de referencia a la hora de abordar el estudio de la organización; es decir, los mecanicistas “se ocupaban de lo celular o físico-químico, de las corrientes eléctricas, de los intercambios de iones, y cosas por el estilo. [mientras que] la mayoría de los materialistas holistas trabajaron con niveles de organización más altos: tejidos, órganos, sistemas”⁴¹². En el caso de los materialistas mecanicistas un organismo está formado por muchas partes. Al igual que un reloj está constituido por engranajes, tornillos, manecillas..., el cuerpo se compone de órganos, tejidos, células... La mejor manera de desentrañar los misterios de su funcionamiento es a través del estudio de estas partes. Al ir descifrando los mecanismos por los que dichos elementos actúan, se podrá armar una especie de puzle, que dará como resultado el funcionamiento general del organismo. Bajo esta perspectiva no hace falta estudiar los procesos en conjunto, se puede llegar a la comprensión completa aislando las partes (*in vitro*), que posteriormente sólo faltará conectar, descubriendo de qué manera interactúan en conjunto. Sin embargo, los materialistas-holistas entendían el estudio de los procesos fisiológicos desde otro nivel. La comprensión de ciertos sistemas sólo se podía alcanzar al examinarlos como un todo. El examen de cómo trabajan sus partes aisladas es necesario, pero éste no puede entenderse como completo, porque ello impediría

⁴¹⁰ En el siguiente capítulo se profundizará en este aspecto del pensamiento de Walter Cannon.

⁴¹¹ Ya en el primer capítulo se ha hecho mención de representantes de esta corriente: Jaques Loeb, Ivan Pavlov o Carl Ludwig.

⁴¹² Allen, G.E. (1983), p. 230.

descubrir otras propiedades que sólo pueden ser percibidas cuando unas partes se encuentran interaccionando con otras:

Al declarar su creencia en que todas las partes de un sistema vivo actúan de acuerdo con las leyes fundamentales de la física y la química, y al recalcar la importancia fisiológica fundamental de la organización, evitaron caer en las trampas del vitalismo y de la metafísica, por una parte, y del reduccionismo (con su negación de la importancia de la organización como algo separado de las moléculas interactuantes) y del materialismo mecanicista ingenuo, por otra.⁴¹³

Henderson y Cannon entendían que dentro del organismo existen muchos elementos estrechamente ligados gracias a su funcionamiento en el sistema global. Así, para ellos, “es evidente que en un organismo cada actividad es más o menos integral”⁴¹⁴. Esta peculiaridad, desde su punto de vista, es lo que los diferencia de los mecanicistas, que no dudan de la existencia de una complejidad de partes funcionando en conjunto, pero que creen que esta interacción no imparte características nuevas a los componentes en acción. Un ejemplo sencillo es la apreciación de Henderson cuando compara sus estudios *in vitro* y aquellos que realizó directamente en la sangre cuando ésta se encuentra dentro del organismo: “Aquí es observado que las diferencias entre sustancias simples similares como los iones de sodio y potasio, que normalmente son insignificantes en sistemas artificiales, pueden ser muy importantes en los sistemas biológicos”⁴¹⁵.

A partir de los resultados experimentales obtenidos por Henderson y Cannon, la investigación fisiológica ya no dejó de prestar atención a las interacciones de conjunto dentro de los organismos. Hoy en día el índice del *pH*, el equilibrio ácido-base, y en general todos los parámetros que pueden observarse en la sangre, y que tienen un alto grado de conexión para mantener índices constantes, son mejor conocidos gracias a los avances técnicos, pero la perspectiva de estudio sigue siendo la planteada por Henderson. Lo mismo puede decirse de los procesos homeostáticos explicados por Cannon, que cada vez pueden explicarse mejor, pero que no difieren de la concepción inicial definida por él. Ambos fisiólogos fueron pioneros al brindar una nueva epistemología para el estudio de la actividad fisiológica que se debe considerar holista. En palabras de Henderson: “no hay duda de que una de las tareas importantes de las

⁴¹³ Allen, G. E. (1983), p. 227.

⁴¹⁴ Henderson, L.J. (1917), p. 14.

⁴¹⁵ Henderson, L.J. (1917), p. 12.

fisiología general, que se diferencia de las [realizadas en] las ciencias físicas, es la de tomar en cuenta las actividades simultáneas de los distintos tipos de interacciones armónicas”⁴¹⁶.

Cabe señalar que tanto Henderson como Cannon desarrollaron sus estudios de manera independiente, pese al contacto fluido y cordial que existió entre ambos. También es importante resaltar que los términos con los que se les trata de clasificar (organicistas, materialistas holistas, fisiólogos holistas, etc.) no fueron usados por ellos para definirse a sí mismos, aunque como se verá en el último capítulo de este trabajo, Cannon, hacia el final de su vida, hizo un acercamiento reflexivo a la polémica sobre el enfoque que debía presidir la fisiología. También es importante no olvidar que Henderson conoció y llevó a Harvard a quien puede considerarse como uno de los primeros teóricos (junto con Haldane) que propuso un marco filosófico aplicable a los procesos fisiológicos. Su nombre era Alfred North Whitehead.

4.3. La aportación de Whitehead al organicismo

Whitehead, antes de ser filósofo, fue matemático. Su relación con la fisiología se basó únicamente en los lazos que mantuvo con Henderson. Como se verá enseguida, el interés de Whitehead por el desarrollo de la ciencia le llevó a formular una teoría que explicaba el triunfo del mecanicismo, pero también la carencia que tiene esta perspectiva a la hora de intentar dar cuenta de los seres vivos. En realidad, intentó llevar más allá su filosofía, mostrando que la mejor forma de entender el mundo es equipararlo con un gran organismo donde todos los eventos se encuentran interrelacionados. Su forma de concebir las ciencias de la vida se halla en sintonía con la línea de investigación de Cannon y de Henderson. Por tal motivo, en 1924, este último, al igual que hizo con Cannon, ofreció a Whitehead la posibilidad de impartir una serie de conferencias en el Instituto Lowell para que pudiera exponer sus ideas. Un año después él mismo haría una reseña de ellas bajo el título: *Science and the Modern World*⁴¹⁷, que apareció en *The Quarterly Review of Biology*⁴¹⁸.

⁴¹⁶ *Ibid.*

⁴¹⁷ Whitehead, A.N. (1925): *Science and the Modern World, Lowell Lectures, 1925*, The Macmillan Company, New York.

⁴¹⁸ Henderson, L.J. (1926): “A Philosophical Interpretation of Nature”, *The Quarterly Review of Biology*, University of Chicago Press, Chicago, vol. 1, n.º 2, pp. 289-294.

También, en la que a la postre resultó ser una de las obras más relevantes de Henderson, *Blood: A Study in General Physiology*, éste hizo una primera acotación introductoria sobre el enfoque que los biólogos debían dar a sus investigaciones, señalándoles que su orientación había de ser organicista. También mencionaba el punto de vista del filósofo inglés y las críticas que hacía del mecanicismo. No cabe duda de que Henderson debió sentirse muy atraído por una filosofía en la que podía apoyar sus métodos de estudio y su interpretación de los procesos fisiológicos. Además, como ya se ha dicho, se aventuró a teorizar en ámbitos cercanos a la filosofía y los estudios sociológicos. Sin embargo, según se intentará mostrar en este apartado, pretender que existió una aportación mayor del filósofo inglés a los trabajos de Henderson sería intentar forzar el contexto que los une. Cuando Whitehead llega a Harvard, la línea de investigación de Henderson ya estaba muy definida. En cuanto a la relación de Whitehead con Cannon, debe decirse que es más bien indirecta y siempre mediada por Henderson. En su libro *The Wisdom of the Body*, Cannon ejemplificó constantemente los procesos homeostáticos a partir de las investigaciones de Henderson⁴¹⁹, lo que muestra el conocimiento que tenía de la obra de su colega. Incluso, se da cuenta de que los procesos integrados que analiza Henderson son un ejemplo perfecto de aquellos que quiere definir mediante su concepto de homeostasis. Aunque sus trabajos sean independientes, están muy relacionados. No es extraño, por tanto, que Allen hable de Whitehead como esa figura que consiguió consolidar filosóficamente el holismo tan patente en Harvard, si bien no se ha podido encontrar evidencia de que Cannon y Whitehead tuvieran algún contacto directo. En cualquier caso, los tres autores coinciden en un momento específico, y fructífero en cuanto a resultados, dentro de la actividad científico-filosófica de esta universidad. La fisiología holista, que hacia 1924 era cada vez más potente, encontró un vínculo muy importante con las reflexiones filosóficas de Whitehead. No obstante, a lo largo de este apartado habrá que matizar mejor este hecho, pues se podrá mostrar que las líneas de investigación de cada uno de ellos eran coincidentes pero independientes.

⁴¹⁹ Cannon, en una labor compilatoria, hizo referencia no sólo a sus investigaciones, sino a los descubrimientos que a su vez otros fisiólogos fueron realizando. Por esa razón, no es extraño ver a Henderson citado en sus libros *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage* (1915), *Traumatic Shock* (1923) o *The Wisdom of the Body* (1932).

4.3.1. De las matemáticas a la filosofía

El tratado de álgebra de Whitehead fue su primer proyecto ambicioso. Lo inició en 1891 y lo terminó y publicó siete años después. Independientemente de que no deja de ser un estudio divulgativo de álgebra clásica, ya muestra ciertas ideas sobre su filosofía de las matemáticas.

Whitehead no se consideraba a sí mismo creador de nuevas teorías matemáticas, sino solamente alguien que desarrollaba las ideas de otros. No obstante, alcanzó un prestigio académico que le ayudó a que le ofrecieran el puesto de examinador del *Mathematical Tripos* y en 1903 el de profesor numerario en Cambridge. Pero si existe algo que hizo que Whitehead destacase fue su colaboración con Bertrand Russell (1872-1970). Su primer encuentro se produjo debido a que Whitehead, también encargado de revisar las pruebas de admisión para ingresar en esta universidad, consideró los resultados de Russell admirables en comparación con los de otros aspirantes. Por tanto, determinó que a este alumno debería dársele una beca mayor que las que otorgaban a los alumnos sobresalientes. Así, Russell inició sus estudios en Cambridge teniendo como profesor en su segundo año al propio Whitehead. De este encuentro surgirá *Principia Mathematica*:

En 1903 Bertrand Russell publicó *Principia Mathematica*. Lo que consideraba un primer volumen⁴²⁰. Cuando descubrimos que nuestros proyectos de segundos volúmenes eran prácticamente idénticos, decidimos producir un trabajo conjunto. Creíamos que en el periodo de un año o así podríamos completarlo. Pero nuestro horizonte se expandió y, en el curso de ocho o nueve años, nacieron los *Principia Mathematica*.⁴²¹

Este libro, que consta de tres volúmenes, es el que empieza a acercarle de una forma más profunda a la filosofía de la ciencia, disciplina que más adelante ocupará la mayor parte de su obra. Ejemplos de ese desarrollo son libros como *The Organization of Thought Educational and Scientific* en 1917 y *An Enquiry Concerning the Principles of Natural Knowledge* en 1919; este último ya un patente ejemplo de su obra filosófica. Lo que resulta claro es que toda la construcción de su pensamiento surge al tratar de

⁴²⁰ El *Tratado universal de álgebra*, también era considerado por su autor el primer volumen de una obra más extensa.

⁴²¹ Whitehead, A.N. (1991), p. 10.

entender mejor las matemáticas y su relación con la naturaleza, como explica Víctor Lowe:

De hecho, la preparación epistemológica de Whitehead fue un estudio que intenta averiguar cómo el modelo evidente de conocimiento claro y preciso sobre el mundo — la física y la matemática— puede alcanzarse. Esto es, un estudio epistemológico donde la construcción lógica, y el conocimiento físico y psicológico, son relevantes.⁴²²

Volviendo al análisis de la vida académica de Whitehead, es importante mencionar su salida de Cambridge. Él sabía lo difícil que era conseguir una plaza de catedrático en esta universidad, por lo que decidió abrirse a otros horizontes. Entró en el University College de Londres y más adelante le ofrecieron la cátedra de Matemáticas Aplicadas en el Imperial College of Science and Technology, en Kensington. Sin embargo, su vocación académica estaba ya inclinada hacia la filosofía, como él mismo señaló: “Mis escritos filosóficos empezaron en Londres, al final de la Guerra. *La Sociedad Aristotélica de Londres* fue un centro agradable de discusión e hice amistades cercanas”⁴²³. Siendo ya más reconocido como filósofo que como matemático, a sus 63 años (1924), fue invitado a formar parte del equipo docente del departamento de filosofía de Harvard; lugar donde permanecerá hasta su retiro en 1937.

4.3.2. La teoría del organismo como introducción a la concepción filosófica de Whitehead sobre el mundo biológico

Muchos de los estudiosos de Whitehead coinciden en la oscuridad de sus textos y las dificultades que entraña la interpretación de su filosofía. Quizá el principal problema radica en la idea que tenía el autor de estar creando una teoría completamente nueva y que, por ende, le obligaba a crear un vocabulario inédito para aquellos conceptos que postulaba. La opinión de Javier Oroz al respecto puede ser esclarecedora:

Whitehead no es un buen conocedor de la Historia de la Filosofía. Se ha iniciado muy tarde en esta disciplina. Se me ocurre insinuar que muchos de sus conceptos, quizá la totalidad de su sistema, pudieran haberse formulado con más éxito, desde una visión

⁴²² Lowe, V. (1991): “Whitehead’s Philosophical Development”, en P. A. Schilpp, *The Philosophy of Alfred North Whitehead*, The Library of the Living Philosophers, New York, p. 52.

⁴²³ Whitehead, A.N. (1991), p. 13. La cursiva es nuestra.

similar a la de Aristóteles, Leibniz o Locke... Pero encuadrados en un sistema original, no han logrado la precisión, claridad y rigor que la Filosofía requiere.⁴²⁴

Como se ha comentado en el epígrafe anterior, la formación de Whitehead es la de un matemático. Sin embargo, intentando esclarecer de qué modo se edifica esa clase de conocimiento tan fiable como el de las matemáticas, se introduce en el terreno de la epistemología. Y, más adelante, al extender esta indagación a la organización del mundo, termina por crear una metafísica dentro de la cual el papel del organismo y de sus componentes forma un eje fundamental. Por otro lado, su trabajo tuvo fuertes lazos con la historia de la ciencia. Whitehead es un gran admirador de la ciencia y de su progreso, pero cree en la necesidad de una reinterpretación de las capacidades que posee, para orientarla por caminos que perfeccionen sus métodos y tomen en cuenta nuevos objetos de estudio: una nueva perspectiva. “Whitehead insiste en la urgencia de atendernos a los resultados de la ciencia moderna. Hay que partir del mundo real para fundarlo e interpretarlo”⁴²⁵. Por tanto, para poder explicar su forma de entender la Naturaleza, será necesario centrar la atención en el análisis que realiza de los avances científicos del siglo XIX. Un punto de partida común al de este mismo trabajo y que ahora será complementado con el punto de vista whiteheadiano⁴²⁶.

Whitehead sentía un vivo interés por la historia y especialmente por: a) el movimiento romántico, al que se acusaba de una restauración religiosa tanto en el arte como en las aspiraciones políticas; b) el avance creciente de la ciencia, y c) los avances de la técnica. Ejemplo de lo primero es su atracción por los ideales del Romanticismo, que comienzan a plantear una concepción liberal que se extenderá rápidamente por toda Europa. En el caso de los dos siguientes, cree que es digna de mención la máquina de vapor de James Watt (1736-1819), desde la cual todos los posteriores adelantos técnicos sobrevendrán de manera vertiginosa. Mientras que el desarrollo de la destreza de la escritura fue un proceso lento que abarcó mil años, el de la máquina de vapor se dio en

⁴²⁴ Oroz Ezcurra, J. (1985): *El ser como entidad actual en la filosofía del organismo de Alfred North Whitehead*, Universidad de Deusto, Bilbao, p. 14.

⁴²⁵ Oroz Ezcurra, J. (1985), p. 24.

⁴²⁶ Aunque el pensamiento filosófico de Whitehead continúa explicitándose en textos posteriores a *Science and the Modern World* (baste pensar en *Process and Reality* de 1929; *Adventures of Ideas* de 1933 o *Modes of Thought* de 1938, incluyendo éste último las dos lecciones dictadas por Whitehead en 1933 en la Universidad de Chicago y publicadas un año después en *Naturaleza y Vida*), será *Science and the Modern World* (1925) el que mejor exprese su organicismo, que es la parte de su pensamiento que incumbe a este trabajo. Por tal razón, se profundizará principalmente en esta obra, dejando de lado aquellas que abarcan otros conceptos metafísicos o epistemológicos.

apenas cien y su proyección fue continua, propiciando nuevas e ingeniosas máquinas en un corto espacio de tiempo. “En el siglo XIX el proceso se precipitó, y la gente tenía conciencia de él y lo aguardaba”⁴²⁷.

La ciencia da como fruto útil una serie de inventos que, a su vez, ofrecen la oportunidad de avanzar hacia nuevas teorías. Si existe un descubrimiento importante, no es el de la máquina de vapor, el del ferrocarril, etc., sino el del método. “La ciencia, concebida no tanto en sus principios como en sus resultados, es un notorio almacén para su utilización”⁴²⁸. Esta forma de entrelazarse ciencia y técnica aconteció primero en Inglaterra. No obstante, fueron los alemanes quienes mejor aprovecharon el descubrimiento del método: la estrategia que ayuda a continuar con la innovación hacia nuevos avances. Semejante forma de desarrollo comienza con el establecimiento de una educación que permite que ya no sea solamente el genio ocasional o el pensamiento fortuito el que participe de las técnicas que conducen al progreso. Se trata de una disciplina en el conocimiento —quizá por eso fue en Alemania donde mejor se practicó— que conducirá de la técnica a la ciencia pura; por ende, tendrá lugar el paso del *amateur* al profesional y, más tarde, al especialista.

Según Whitehead, este periodo está regido por cuatro ideas que fueron introducidas en la ciencia teórica: a) la de continuidad; b) la de atomicidad; c) la doctrina de la conservación de la energía, y d) la teoría de la evolución. Es desde aquí desde donde claramente empezó a mostrar y desarrollar su filosofía de la ciencia. Al terminar de explicar estos cuatro puntos, se podrá abordar su idea de organismo, que es a su vez su aportación y corrección a la senda que seguía la ciencia. Comenzando con el primero de ellos, Whitehead afirmó: “Una de esas ideas [la de continuidad] es la de un campo de actividad física ocupando todo el espacio, incluso allí donde existe un vacío”⁴²⁹. Si se cuenta con esta concepción del espacio es gracias a varias ideas anteriores que sólo menciona sin profundizar. La primera es el viejo axioma escolástico de que la naturaleza aborrece el vacío (*horror vacui*); idea expuesta en la *Física* de Aristóteles, que concebía que el universo no sólo es finito sino que está lleno⁴³⁰. Más

⁴²⁷ Whitehead, A.N. (1953): *Science and the Modern World, Lowell Lectures, 1925*, The Free Press, New York, p. 96.

⁴²⁸ *Ibid.*

⁴²⁹ Whitehead, A.N. (1953), p. 98.

⁴³⁰ “Puesto que hemos determinado lo que es el lugar y que el vacío, si existe, ha de ser un lugar desprovisto de cuerpo, y puesto que ya hemos dicho en qué sentido el lugar existe y en qué sentido no existe, es evidente entonces que el vacío no existe, ni como inseparable ni como separable; porque el

adelante Descartes aportó, en su concepción del universo y del movimiento de los astros, la teoría de los vórtices”⁴³¹. Con posterioridad, la teoría de la gravitación de Newton también requirió de un medio en el que las fuerzas gravitatorias pudieran interactuar; un universo vacío genera problemas epistémicos cuando tiene que ser explicado:

Esta conclusión fue explicada suponiendo un tipo de materia sutil, a saber, el éter, que no podemos percibir directamente. En segundo lugar, esta conclusión, y el comportamiento evidente de la materia bruta ordinaria, nos muestran que los movimientos de la materia están de alguna manera condicionados por la relación espacial de los cuerpos materiales entre sí. A partir de aquí, Newton construyó la gran síntesis sobre la que la ciencia estuvo basada durante más de dos siglos. Las leyes del movimiento de Newton suministraron un marco conceptual en el que podrían ser insertadas sucesivas leyes particulares sobre la interconexión de los movimientos de los cuerpos. Asimismo, brindó un ejemplo para este tipo particular de ley con su gran ley de la gravitación, que dependía de las distancias recíprocas entre los cuerpos.⁴³²

Durante el siglo XVIII se produjo un cambio en estas suposiciones y volvió a darse protagonismo al vacío. Por ejemplo, la teoría de la luz se compromete con la existencia de corpúsculos diminutos que dejan un espacio vacío entre ellos. Esta nueva noción produjo la aparición de dos corrientes. Por un lado, las teorías ondulatorias, tanto la de Thomas Young (1773-1829) como la de Auguste J. Fresnel (1788-1827), en las cuales se considera que la luz necesita de un espacio por el cual propagarse, lo que llevó a Fresnel a emplear nuevamente el éter como una sustancia sutil que todo lo invade y que es arrastrada por la tierra en la misma medida en la que ésta se mueve. La segunda corriente fue la de James Clerk Maxwell (1831-1879) y su teoría electromagnética. En ella se planteaba que los fenómenos electromagnéticos precisaban de una materia para

«vacío» no es un cuerpo, sino la extensión de un cuerpo.” Aristóteles, *Física*, IV-7, 214a, 15-20. “Que no hay vacío separado, tal como unos afirman, digámoslo de nuevo”. Aristóteles, *Física*, IV-8, 214b.

⁴³¹ “Después de lo que ha sido demostrado, esto es, que todos los lugares están llenos por cuerpo y que cada parte de la materia está de tal forma proporcionada a la dimensión del lugar que ella ocupa que no es posible que ocupe otro lugar mayor ni tampoco es posible que se reduzca en uno menor, o bien que otro cuerpo ocupe el mismo lugar que ya está siendo ocupado por el otro cuerpo, debemos concluir que es preciso necesariamente que haya siempre un círculo de materia o un anillo de cuerpos que se mueven conjuntamente al mismo tiempo”. *Principia philosophiae*. A-T, VIII, 58. “[...] pensemos que la materia del cielo en la que están ubicados los planetas gira sin cesar y trazando un círculo, tal como lo haría un torbellino que tuviera al Sol como centro; pensemos asimismo que las partes del torbellino que están más próximas al Sol se mueven con mayor rapidez que aquellas que están alejadas y a una cierta distancia; pensemos que todos los planetas (entre los cuales nosotros situamos a la Tierra) permanecen siempre suspendidos entre las mismas partes de esta materia del cielo. En razón solamente de esto y sin recurrir a postular otros mecanismos, podremos entender todos los fenómenos que se observan como propios de los planetas”. *Principia philosophiae*. A-T, VIII, 92. (Reproducimos ambas citas en la versión española de Guillermo Quintás, Alianza, Madrid, 1955, pp. 94-94 y 138 respectivamente).

⁴³² Whitehead, A.N. (2004), p. 263.

tengan lugar. Maxwell volvió a echar mano del éter, pero además sugirió que las ondas que explicaban la propagación de la luz se correspondían con las de los fenómenos electromagnéticos, “con lo que el electromagnetismo absorbió la luz”⁴³³. Este establecimiento del éter como medio produjo que se consolidaran en el siglo XIX “algunas ciencias físicas principales, asentándose sobre una base que presuponía la idea de continuidad”⁴³⁴.

En cuanto a la atomicidad, Whitehead explica que había sido reintroducida por John Dalton (1766-1844), completando los trabajos de Lavoisier en química. El viejo atomismo especulativo lo habían sostenido con mucha anterioridad Demócrito y Lucrecio. Por lo demás, era una doctrina que estaba al alcance de toda persona cultivada durante los siglos XVIII y XIX. Sin embargo, gracias a Dalton la noción se consiguió aplicar en un área científica específica, mostrando coherencia y eficiencia. Este legado no es sólo aplicable a la química, también puede extenderse a la biología y a la física. “La célula viva es para la biología lo que el electrón y el protón son para la física.”⁴³⁵ Ambas teorías (la teoría atómica y la teoría celular) fueron introducidas simultáneamente, pero de forma independiente, y las dos son ejemplos parecidos de “atomismo”. La teoría celular surge a partir de la concepción del tejido de Bichat en 1801. Johannes Müller (1801-1858) describió en 1835 las primeras células y Matthias J. Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810-1882) establecieron su carácter fundamental en 1838 y 1839.

Pero si existió una gran aportación al tema, ésta fue la de Louis Pasteur (1822-1895), quien introdujo la noción de “organismo en el mundo de lo infinitamente pequeño”⁴³⁶. Así, mientras los efectos electromagnéticos eran concebidos como si procedieran de un campo continuo, la materia ordinaria era entendida como atómica:

No existía contradicción. En primer lugar, las nociones son antitéticas; pero prescindiendo de incorporaciones concretas, no son lógicamente contradictorias. En segundo lugar, fueron aplicadas a distintos sectores científicos: una a la química y la otra al electromagnetismo. Y, hasta ahora, no se han registrado más que vagos síntomas de colisión entre ambas.⁴³⁷

⁴³³ Whitehead, A.N. (1953), p. 99.

⁴³⁴ *Ibid.*

⁴³⁵ Whitehead, A.N. (1953), p. 100.

⁴³⁶ *Ibid.*

⁴³⁷ Whitehead, A.N. (1953), p. 99.

Sobre la doctrina de la conservación de la energía y la de la evolución, Whitehead se centró en mostrar que la primera se basa en la idea de una permanencia cuantitativa cuyo dominio se extiende al mundo de la física. La segunda, en el terreno biológico, obra bajo la idea de cambio fortuito ocasionando el nacimiento de nuevos organismos. Estas asunciones teóricas fueron, para Whitehead, la clave del pensamiento científico del siglo XIX. Los cuatro soportes del pensamiento científico (continuidad, atomismo, conservación de la energía y evolución) promovieron el progreso en el conocimiento, pero hacia los últimos veinte años del siglo empezó un declive, una desaceleración en la que el científico, con su reconocimiento como profesional ya asentado, se vuelve ortodoxo. Siguieron alcanzándose nuevos éxitos, pero ya únicamente sobre los programas planteados. Se promovieron nuevas indagaciones, pero siempre que éstas no abandonaran las convenciones acordadas.

Este panorama se caracteriza por una técnica y un número de teorías que han obtenido grandes éxitos a lo largo del siglo, en el que el terreno allanado se intenta salvaguardar y se confía dar repuesta a aquellos problemas todavía sin resolver. Una etapa de optimismo donde a todos aquellos fenómenos que se resistieran a las concepciones establecidas se les daba la espalda⁴³⁸. No era de extrañar, pensaba Whitehead, que el modelo más perfecto de ciencia lo constituyera la física y que, por consiguiente, la biología debiera subordinarse a ella: “Es ortodoxo sostener que no hay en biología nada que no sea mecanismo físico en circunstancias un tanto complejas”⁴³⁹. Esta apreciación de Whitehead tiene que ver con la consolidación de un materialismo mecanicista frente a las ideas vitalistas, que se ha explicado, bajo otro hilo argumental más detallado, en el primer capítulo de este trabajo. Dado que la ciencia básica y la que más rápidamente avanzó fue la física (seguida de la química), era de esperar que los biólogos o los fisiólogos del momento procurasen buscar el éxito mediante la adopción del enfoque físico-químico en sus teorías, métodos y experimentos. Si existía algo peculiar en los seres vivos, la clave no podía estar en un sustrato metafísico como era la fuerza vital, sino en el entendimiento de esas entidades materiales que también formaban parte de los organismos sin vida: los átomos y las moléculas.

⁴³⁸ Baste pensar en ejemplos como el problema del cuerpo negro o aquellos otros derivados de la existencia del éter.

⁴³⁹ Whitehead, A.N. (1953), p. 102.

Pero esto es lo que Whitehead intenta poner en duda. Acepta que los organismos contienen entre sus componentes aquellos de los que hablan la física o la química (átomos y moléculas); pero es en ellos donde encuentra un vacío que la ciencia todavía no ha podido soslayar: las relaciones que establecen a distintos niveles. Para empezar, concibe a todos los entes como organismos de organismos:

Las partículas últimas, protón, electrón, etc., construyen a los átomos, los átomos construyen moléculas, las moléculas forman partículas coloidales constituyentes de la célula, así como de sus fases paracristalinas y semejantes; todo esto en cierto momento se organiza para convertirse en una célula viva. Por encima de este nivel, las células crean órganos y tejidos, que en una última combinación activan el funcionamiento del cuerpo viviente, y los animales, especialmente el hombre, crean comunidades.⁴⁴⁰

En este sentido, no sólo los seres vivos son organismos, sino que hasta un cristal, y en general todos los objetos del mundo, lo son⁴⁴¹. Cada uno de ellos es la combinación de organismos de niveles inferiores, hasta llegar a los más ínfimos, los átomos. Pero el entrelazamiento de estos últimos constituyentes no puede tener un sustrato material solamente. Si se piensa que estos elementos a su vez están conformados por la combinación de organismos más pequeños, se llegaría a una serie infinita; algo poco probable. Pero si por otro lado estos organismos primarios son de índole material y obedecen a las leyes de la física, “corriendo ciegamente”, entonces surgirían posturas como la de Jaques Loeb, quien afirmó que las acciones del organismo en su nivel superior —un animal, un ser humano— no serían más que el producto determinado de ese correr azaroso de sus elementos inferiores; tal como ocurre con las “máquinas esclavizadas”⁴⁴² por la luz que Loeb analizó. Es por esto por lo que Whitehead sugirió una nueva salida frente al problema: “La ciencia está adoptando un nuevo enfoque que no es puramente físico ni puramente biológico, se está transformado en el estudio del organismo”⁴⁴³.

Whitehead no dejó de pensar que los organismos se comportan siguiendo leyes físicas; de hecho, desdeñó las teorías vitalistas, pero creía que tampoco debía obviarse

⁴⁴⁰ Needham, J. (1991): “A Biologist’s View of Whitehead”, en P. A. Schilpp (ed.), *The Philosophy of Alfred North Whitehead*, The Library of the Living Philosophers, New York, p. 249.

⁴⁴¹ Para Whitehead, un organismo está formado por otros. Por ejemplo, un ser humano se compone de sistemas; éstos, a su vez, de órganos; los órganos, de tejidos y células, y así hasta llegar a las moléculas y los átomos. Pero a cada uno de ellos Whitehead también los concibió como organismos. La molécula se conforma a partir de organismos llamados átomos y estos de organismos llamados electrones, protones, etc. De ahí el uso sistemático (y excesivo) del término.

⁴⁴² Ver páginas 40-50 del primer capítulo.

⁴⁴³ Whitehead, A.N. (1953), p. 103.

lo que las partículas primarias son en sí mismas⁴⁴⁴. Para él, dichos entes sólo pueden ser explicados desde su propuesta de *teoría del acontecimiento*:

Tenemos que partir del acontecimiento como unidad última de los fenómenos naturales. Un acontecimiento tiene que ver con todo lo que existe, y en particular con todos los demás acontecimientos. Este entrelazamiento de acontecimientos es producido por los aspectos de aquellos objetos eternos, tales como los colores, olores, caracteres geométricos, requeridos por la naturaleza y que no emergen de ella.⁴⁴⁵

Hay que empezar por explicar qué son los objetos eternos para Whitehead. Estos objetos, como él dice, se encuentran en la naturaleza pero no emergen de ella. Por ejemplo, la redondez es una característica que se encuentra en distintos objetos. Ello quiere decir que diferentes entes comparten tal cualidad proveniente del círculo como objeto eterno de la geometría. Las cosas en las que encontramos dicha figura podrán perecer, pero esta cualidad seguirá existiendo representada en subsiguientes cuerpos, así como lo ha hecho en anteriores. De ahí su esencial eternidad:

La montaña continúa. Pero cuando el paso de las edades se la haya llevado, habrá desaparecido. Si surge una réplica, esta será, sin embargo, una nueva montaña. Un color es eterno. Ronda el tiempo como un espectro. Viene y se va. Pero dondequiera que vaya es el mismo color. No subsiste ni vive. Aparece cuando se le necesita.⁴⁴⁶

Es así que todos los seres del universo están relacionados de alguna manera debido a que comparten los objetos eternos. Es este *compartir* a lo que Whitehead llama acontecimiento; algo que se da en la realidad, pero no en un momento o lugar precisos, pues estos objetos se encuentran más allá de estados temporales y localizaciones simples. Existen (han existido y existirán, de ahí su perennidad) manifestados en muchos sitios y a lo largo de la historia del universo. En consecuencia, las relaciones de los distintos organismos no pueden plantearse tampoco en términos de tiempo y

⁴⁴⁴ Whitehead no niega la esencia material de la naturaleza, pero intenta dar un giro a las concepciones del espacio y del movimiento acuñadas por los filósofos modernos y que están basadas en lo que él entiende por “sentido común”: “Esa realidad material e individual detenta cualidades diversas, tales como forma, movimiento, color u olor, etc. Los acontecimientos en la Naturaleza consisten en los cambios de estas cualidades y, más concretamente, en los cambios de movimiento. La conexión entre tales fragmentos de materia consiste, simplemente, en relaciones espaciales.” Whitehead, A.N. (2004), p. 259. Más adelante mostrará que esta explicación es insuficiente, conduciéndole hacia el organicismo: “[En la física del siglo XIX] cada fragmento de materia estaba auto-contenido, localizado en una región, con una red pasiva, estática, de relaciones espaciales, entrelazada con un sistema relacional uniforme de infinito a infinito y de eternidad a eternidad. Pero en la concepción moderna, el conjunto de agitaciones con el que nos referimos a la materia está fusionado con su entorno.” Whitehead, A.N. (2004), p. 266.

⁴⁴⁵ Whitehead, A.N. (1953), p. 103.

⁴⁴⁶ Whitehead, A.N. (1953), pp. 86-87.

espacio, sino en términos de acontecimientos: “La doctrina que mantengo es que ni la naturaleza física ni la vida pueden ser comprendidas, a menos que sean fundidas como factores esenciales en la composición de las cosas ‘realmente-reales’, cuyas interconexiones y caracteres individuales constituyen el universo.”⁴⁴⁷

Por muy abstracta que parezca la postura del filósofo, no hay que dejar de centrar la atención en la realidad, pues todos los objetos conviven en ella. Pero como explica Jorge Enjuto, “por considerar ambigua la palabra *real*, Whitehead prefiere el término —actual— por cuanto denota acto, acción, lo que le permite relacionar este término con el proceso que une la oposición real-potencial [...] Las entidades actuales son la particularización de lo actual, mientras que los objetos eternos son lo potencial”⁴⁴⁸.

En cuanto a las partículas primarias que constituyen la base de todos los organismos, se puede entender que son, ellas justamente, los sustratos que contienen una ruta de determinación propia que conduce hacia la *historia-de-la-vida*. Y una vez que comienzan a conformar los organismos superiores (de átomos a moléculas, de ahí a elementos, células, etc.) son las leyes físicas las que describen cómo reaccionarán estos entes entre sí. Estas leyes son las que los científicos han podido comprender gracias a la observación. Sin embargo, para llegar a ese nivel de actividad antes tuvieron que emerger de los elementos primarios que se autodeterminan según un propósito:

Designaré como mecanicismo orgánico la teoría sustentada en estas conferencias. Dentro de dicha teoría las moléculas pueden actuar ciegamente de acuerdo con leyes generales, pero difieren en sus caracteres intrínsecos según los planes orgánicos generales de las situaciones en que se encuentran.⁴⁴⁹

Estos planes no son, ni mucho menos, algo inverificable como podría ser la fuerza vital, sino que están establecidos por relaciones externas entre los organismos; de ahí su estrecha e importantísima conexión con todas las partes que los conforman. Los elementos que confluyen en un cristal o en un mineral están formados por electrones que no parecen tener diferencia alguna con aquellos que constituirán las células de un órgano animal. No obstante, a la hora de relacionarse con los demás electrones, protones y neutrones para formar átomos, moléculas, etc., consiguen ser el sostén preciso del ente

⁴⁴⁷ Whitehead, A.N. (2004), p. 274.

⁴⁴⁸ Enjuto Bernal, J. (1967): *La filosofía de Alfred North Whitehead*, Editorial Tecnos, Madrid, pp. 217-218.

⁴⁴⁹ Whitehead, A.N. (1953), p. 80.

que componen, en su unión ontogénica, según un “plan”. Quizá por esa razón Whitehead recuerda constantemente a través de su obra la similitud entre los distintos niveles de organización: “La palabra *individuo*, tal como aquí se emplea, posee el mismo significado que *átomo*, o sea, que se aplica a cosas compuestas que tienen una realidad absoluta que no poseen sus componentes”⁴⁵⁰.

La filosofía de Whitehead adquiere una orientación teleológica, pues una de las principales razones que le llevan a negar el materialismo es la teoría de la evolución, pero contemplada bajo la idea de un perfeccionamiento de los organismos. Para él, una filosofía materialista no es capaz de justificar dicho proceso evolutivo ascendente (que tiende a un progreso), pues esto significaría que todo se reduce a relaciones exteriores entre porciones de materia, desde las que es posible el cambio, pero no la evolución en el sentido mencionado. En el caso de la teoría materialista, la perdurabilidad sólo tiene cabida en el momento actual de un objeto que en algún otro momento perecerá. En cambio, en la postura organicista de Whitehead no se habla de limitaciones temporales o de durabilidad, sino de una patente permanencia o perennidad que se encuentra en las estructuras de actividad que se han formado dentro de los organismos; dichas estructuras son el fruto de un avance evolutivo. “Las cosas durables, son, pues, el resultado de un proceso temporal, mientras que las eternas son los elementos requeridos por la misma esencia del proceso.”⁴⁵¹ Estos elementos, como se ha mencionado, establecerán relaciones con los demás organismos de acuerdo con su ambiente, o sea, con las condiciones externas de las que toman el plan de configuración que siguen para desarrollarse. “No hay hechos aislados por más que nuestros sentidos lo sugieran.”⁴⁵²

Para Whitehead, si en algún momento se tuvieran que enfrentar la biología y la física para que finalmente una redujera a la otra, la absorbida no sería la biología. Y es que el entendimiento de todo este proceso no es fácil de alcanzar tomando como punto de partida a los seres inorgánicos. Cuando se analizan en física los elementos inferiores de la materia inorgánica, queda completamente definida la confluencia de electrones, y núcleos para formar átomos, siendo, éstos últimos, formas de nivel superior, pero bien delimitadas. Lo mismo se puede decir de la creación de moléculas. En los organismos

⁴⁵⁰ Whitehead, A.N. (1961): *La aventura de las ideas*, Compañía General Fabril Editora, Buenos Aires, p. 187.

⁴⁵¹ Whitehead, A.N. (1953), p. 108.

⁴⁵² Oroz Ezcurra, J. (1985), p. 26.

vivos, esta confluencia de nivel en nivel siempre es clara y definida, brindando lo necesario para poder hacer evidente la relación entre unos y otros.

En consecuencia, las leyes características de la materia inorgánica son principalmente los promedios estadísticos resultantes de agregados confusos. Distan mucho de arrojar luz sobre la naturaleza última de los caracteres individuales de los organismos individuales.⁴⁵³

Además de sus niveles jerárquicos, ese rasgo de unicidad, propio de los seres vivos, también ayuda a entender las relaciones entre los distintos elementos que conforman un sistema cualquiera. La índole de esta filosofía hace evidente la esencia *integrativa* de los procesos en los organismos, que fisiólogos como Henderson o Cannon expusieron en sus teorías y que se alejan de la postura mecanicista, sin mencionar el terreno que deja abierto para posteriores debates de la filosofía de la biología como son los relativos a la idea de espontaneidad creativa⁴⁵⁴, la polémica entre reduccionistas y antirreduccionistas y finalmente la permanencia de un enfoque teleológico sustituido más tarde por el concepto de teleonomía. En todo caso, sólo abordaremos el marco teórico que Whitehead propone para enmarcar el estudio de los seres vivos desde una fisiología holista:

Para el biólogo, todo esto es extremadamente bienvenido. Si durante trescientos años había sido un “mecanicista” seguidor de los pasos de Descartes o La Mettrie, no fue porque se sintiera satisfecho con la pintura estática del siglo XVII acerca de la confluencia fortuita de partículas, cada una con una posición definida exactamente en el espacio y tiempo, sino porque no había otro esquema del cual pudiera proceder el análisis causal del fenómenos biológicos.⁴⁵⁵

4.3.3. *Whitehead en la Universidad de Harvard*

Josiah Royce (1855-1916) comenzó a impartir clases de filosofía en Harvard a partir de 1882. Fue uno de los principales impulsores de la llegada de las matemáticas, la lógica simbólica y el desarrollo científico a las clases de filosofía. Su curiosidad por estas áreas surgió a raíz de las conversaciones que mantuvo con Charles Sanders Peirce (1839-1914). Promovió, así, una serie de conferencias en las que participaron astrónomos,

⁴⁵³ Whitehead, A.N. (1953), p. 110.

⁴⁵⁴ Whitehead no profundiza en ello, pero sí menciona la capacidad de los organismos para formar su propio ambiente, si bien siempre en función de su colaboración colectiva y no sólo como individuos aislados.

⁴⁵⁵ Needham, J. (1991), pp. 259-260.

biólogos, físicos y matemáticos. También creó un foro de debate cuyas sesiones tenían lugar las tardes de los domingos y en el que participaron estudiosos de muy distintas disciplinas. El proyecto continuó después de su muerte con el nombre de *Royce Club*. Probablemente fue la influencia de algunas personalidades pertenecientes a este grupo la que hizo posible que Whitehead pudiera obtener una plaza en Harvard.

La posibilidad de invitar al filósofo inglés, para que formara parte del Departamento de Filosofía, ya había surgido en 1920. Sin embargo, debido a ciertos problemas financieros, la propuesta se pospuso. Esta situación cambió en 1923 y el interés por él se confirmó, aunque es probable que sin la acertada intervención de Lawrence Henderson, miembro del *Royce Club*, la invitación se hubiese retrasado. Ese verano Henderson había estado en Inglaterra, donde se enteró del inminente retiro de Whitehead en la Universidad de Londres. A su vuelta, el fisiólogo americano mencionó esto a los otros miembros del club y todos acordaron que el trabajo de Whitehead estaba lejos de terminar y que era el momento idóneo para traerlo a su universidad. De ahí en adelante todo consistió en un proceso burocrático de políticas educativas y financiación. Cuando Whitehead se enteró de la noticia escribió:

Si el puesto me fuese ofrecido, encontraría muy atractiva la idea de pasar cinco años en Harvard. Este puesto me daría la oportunidad de desarrollar de manera sistemática mis ideas sobre lógica, filosofía de la ciencia, metafísica y otras cuestiones generales, mitad filosóficas y mitad prácticas, tales como la educación... No me gustaría la idea de impartir clases sistemáticas a alumnos sobre otros filósofos. Sin embargo, seguro que trabajaría con colegas que podrían ocuparse de esta particular labor, y por mi parte valoraré con agradecimiento la oportunidad de expresar en conferencias y de manera menos formal las ideas filosóficas que he ido acumulando en mi mente.⁴⁵⁶

De esta manera, finalmente ingresó como profesor de filosofía en Harvard en el otoño de 1924, año en que impartió sus conferencias para el Instituto Lowell bajo el título *La ciencia y el mundo moderno*. Gran parte de su filosofía del organismo, tratada en el apartado anterior, se expuso en esas apariciones públicas. La llegada de Whitehead a Harvard se ha prestado a una interpretación que ve determinante su influencia sobre los trabajos de los fisiólogos de esta universidad, especialmente sobre Henderson: “La concepción de Whitehead estimuló enormemente a Henderson. Casaba bien con su propio ámbito de investigación, en físico-química, donde los átomos y moléculas,

⁴⁵⁶ Citado en: Hocking, W.E. (1961), “Whitehead as I knew him”, en *The Journal of Philosophy*, University Columbia, New York, Vol. 58, n.º 19, p. 508.

entendidos como entes materiales, son menos importantes que las interacciones, los procesos, en los que intervienen”⁴⁵⁷.

Bien es cierto que se ha hecho también la interpretación contraria, es decir, que la influencia tuvo una dirección inversa: de Henderson sobre Whitehead. En referencia a esto, Víctor Lowe expone en una de sus notas:

Esta reivindicación sólo es igualada por la absurda afirmación de cierto crítico de *Process and Reality*, que dice que la elaboración de la ‘filosofía del organismo’ de Whitehead fue debida a que en ese tiempo, cuando su pensamiento era flexible y abierto a influencias, emigró a Harvard y estuvo bajo el amparo de L.J. Henderson. El profesor Henderson es un positivista, en desacuerdo en lo fundamental con Whitehead. Lo que sí es posible es que el libro de Henderson *The Fitness of the Enviroment*, escrito alrededor de 1912 (en parte bajo la influencia de Josiah Royce), llevó a Whitehead en esa dirección, o fortaleció su creencia en la doctrina de un orden que es el corazón de su panfísica: la doctrina de que todo orden es relativo a una adaptación en la consecución de un fin.⁴⁵⁸

Sea una u otra la interpretación correcta, lo cierto es que la relación entre Henderson y Whitehead resultó fluida y se basó en un intercambio de ideas, estando cada uno al tanto del trabajo del otro. De ello queda constancia en la introducción al libro de Henderson *Blood: A Study in General Physiology*, donde el fisiólogo reflexiona sobre el papel del organicismo, descartando el mecanicismo como la doctrina que debía guiar a los biólogos en sus investigaciones. En este prólogo menciona el punto de vista del filósofo inglés, mostrando su acuerdo con él:

Recientemente Whitehead [...] ha negado el mecanicismo clásico de la filosofía, incluso en referencia a la física. Lo que él intenta sustituir por la teoría del mecanicismo orgánico. La crítica de Whitehead del antiguo punto de vista brinda base suficiente para las cautelosas restricciones en el ámbito de los principios mecanicistas que aquí se proponen. En cualquier caso, es mejor no ir más allá de lo necesario en esta dirección, puesto que estamos aquí, no por cuestiones filosóficas, sino para la descripción de un método científico y una caracterización de la fisiología general.⁴⁵⁹

En otra de sus obras, *Pareto's General Sociology*⁴⁶⁰, Henderson hace una breve mención de “la falacia de la concreción fuera de lugar” que Whitehead había introducido en sus conferencias sobre *Ciencia y Mundo Moderno*. De ahí en adelante no

⁴⁵⁷ Allen, G.E (1983), pp. 229-230.

⁴⁵⁸ Lowe, V. (1991), p. 91, nota 168.

⁴⁵⁹ Henderson, L.J. (1928), p. 7.

⁴⁶⁰ Henderson, L.J. (1935): *Pareto's General Sociology: A physiologist interpretation*, Harvard University Press, Cambridge.

se encuentran otros libros o artículos donde Henderson haga tan claras declaraciones sobre su conocimiento de las teorías del filósofo. Aunque, un año después de las conferencias Lowell de Whitehead, hizo una reseña sobre ellas que fue publicada en la revista *The Quarterly Review of Biology*. En dicho texto reafirma la contribución de Whitehead al pensamiento moderno, “que posiblemente esté destinado a sufrir una revolución en la interpretación de la Naturaleza”⁴⁶¹, y expone un resumen de las charlas, haciendo hincapié en aquellos apartados que le parecen más interesantes. En todo caso, sería aventurado y muy difícil de sostener que de alguna manera Whitehead influyó en el camino intelectual del fisiólogo norteamericano cuando abordó su análisis de los procesos integrados de la sangre. Baste pensar que los trabajos de Henderson comenzaron años antes de que ambos personajes se conociesen. No cabe duda de que pudo haberse sentido muy atraído por una filosofía en la que podía apoyar su método de estudio de los procesos fisiológicos (los ejemplos citados demuestran el sentido de esta afirmación), pero buscar una dependencia mayor requeriría de algún documento u otro tipo de evidencia que hasta el momento nadie ha aportado. Es importante recordar que Henderson intervino de forma decisiva para que Whitehead fuese invitado a Harvard y, como sugiere Rudolf Windeln, especialista en el fisiólogo norteamericano, “quizá una de las razones de la reseña fuese probablemente que Henderson quería mostrar que su consejo había sido correcto”⁴⁶². Pero, en realidad, justificar la llegada de Whitehead a Harvard era innecesario. Todos los colegas del filósofo estaban contentos con esta invitación y le respetaban⁴⁶³. Es más lógico pensar que existía una admiración mutua entre los dos personajes, que Henderson quiso manifestar.

Se ha señalado previamente que la relación de Cannon con Whitehead fue indirecta y mediada a través de la figura de Henderson. Garland Allen se apoya en la sintonía intelectual que mantuvieron Cannon y Henderson (explicada en el primer apartado de este capítulo) para definirlos como dos de los mejores representantes del holismo en Harvard; algo sin duda cierto. El problema es que partiendo de esta afinidad entre los dos científicos, llega a defender una supuesta influencia de Whitehead sobre ambos. Se apoya en la relación que existió entre Henderson y Whitehead para sostener un argumento en favor de una influencia general de este último sobre el holismo que se

⁴⁶¹ Henderson, L.J. (1926): “A Philosophical Interpretation of Nature”, *The Quarterly Review of Biology*, University of Chicago Press, Chicago, vol. 1, n.º 2, p. 74.

⁴⁶² Windeln, R.: comunicación personal.

⁴⁶³ Véase en Hocking, W.E. (1981), p. 509-510.

impuso en la universidad norteamericana. Pero, como se acaba de mostrar, no existió tal cosa. Sólo puede considerarse real una mutua admiración y un reconocimiento de algunas ideas los tres autores compartieron. Por esta razón, encontrar una influencia del filósofo inglés sobre Cannon es completamente injustificable, y si se ha llegado a esa interpretación es simplemente por la cercanía que existió entre los dos fisiólogos (tanto en la estricta colaboración teórica, como en el orden de la fundamentación epistemológica).

Aun así, podría aceptarse que Whitehead contribuyó a brindar un sustrato filosófico en el que descansaban de forma aceptable los nuevos enfoques y métodos de investigación promovidos tanto por Cannon como por Henderson, sin dejar de ser cierto que tales enfoques y métodos no se gestaron bajo su influencia. Whitehead, al reorientar la posición materialista, pretendía explicar la Naturaleza generalizando la idea de organismo, según aparecen los organismos en la experiencia inmediata. Su manera de abordar el estudio de la Naturaleza será desde los niveles superiores a los inferiores. Es verdad que lo que conforma a los organismos de mayor nivel, son aquellos otros componentes de menor nivel, pero si éstos se unen de una manera u otra es debido a su relación con los niveles superiores. De ahí la idea de que tiempo y lugar son relativos, porque aun cuando el organismo superior no esté constituido completamente, ya ha marcado un plan que dirigirá a la constitución de sus partes. Y una vez fijado su funcionamiento, éstas seguirán dependiendo estrechamente de él:

Los entes consistentes y concretos son organismos, de suerte que el plan del *conjunto* afecta a los mismos caracteres de los diversos organismos subordinados que entran en él [...] Así, un electrón dentro de un cuerpo vivo es diferente a un electrón situado fuera de él, debido al plan del cuerpo.⁴⁶⁴

Es importante subrayar la opuesta dirección con que holistas y mecanicistas abordan sus investigaciones. Estos últimos buscan encontrar una explicación del ser vivo en general a través de la información que les revela el estudio de las partes que lo constituyen. Si de alguna manera pueden entender el funcionamiento de las partes más elementales (átomos, moléculas, células), entonces podrán comprender la función que estos elementos realizan en el organismo completo. Una vez que se conozcan de manera sistemática “todas” las partes por separado, bastará unificar los procesos para

⁴⁶⁴ Whitehead, A.N. (1925), p. 79.

comprender la fisiología general del ser vivo. Sin embargo, tanto Henderson como Cannon se enfrentaron a procesos complejos, en los que la variación de un elemento repercute en otro u otros. Claro está que podrían estudiarse esos componentes por separado, pero esto les aportaría escasa información sobre papel esencial que desempeñan al funcionar en un todo. Por dicha razón, el estudio holista comienza con el postulado de la existencia de un organismo completo, en el que dado un estado de equilibrio, todos sus elementos actúan conjuntamente y de manera integrada. El estudio de los procesos fisiológicos, entonces, comienza con la aceptación de esa totalidad compleja que podrá explicarnos por qué sus partes trabajan de una u otra manera, pero siempre a favor de la conservación de la misma. Un proceso que Whitehead entiende como un estado de continuidad:

Tal continuidad debe considerarse como una continuidad de lo alto a lo bajo; es imposible explicar los modos de acción de cualquier nivel de unidad mediante los modos de acción de cualquier nivel inferior; por el contrario, de los niveles superiores se filtra algo, por así decir, hacia abajo que promueve la acción de los niveles más elementales⁴⁶⁵.

También es importante considerar la dimensión teleológica que parece inseparable de los procesos biológicos. Esta idea de finalidad, programa o plan, había sido utilizada por algunas corrientes para rescatar el orden no mensurable que hace peculiar a la vida, frente a los demás objetos físicos. Así lo entendía el vitalismo. Queda patente que ni Whitehead ni mucho menos Henderson o Cannon se inclinaron hacia una perspectiva de esta índole para justificar los procesos que estudiaban. De hecho, todos desdeñan ideas del tipo de la “fuerza vital”. Pero en sus posiciones, cuesta trabajo desprenderse de un lenguaje y una visión que excluya la idea de finalidad, pues el funcionamiento de las partes se desarrolla para colaborar en un sistema de mayor jerarquía y así sucesivamente hasta completar el organismo que es una totalidad coordinada. Detectar la razón por la que una parte del sistema se comporta de determinada manera puede ser una exigencia imprescindible para la explicación de cierto fenómeno, pero conseguir una comprensión plena obliga a subir de nivel jerárquico: ¿qué persigue el sistema completo a través de la actividad de sus partes?

Sin embargo, es muy importante aclarar que los horizontes teleológicos de Whitehead y de Cannon son distintos. El del primero, aunque también alejado del

⁴⁶⁵ Mondella, F. (1985): “Biología y Filosofía”, en L. Geymonat (ed.): *Historia del Pensamiento Filosófico y Científico*, Ariel, Barcelona, Vol. II, Cap. 4, p. 148.

vitalismo, sigue perteneciendo a una esfera metafísica. Mientras que el que propone Cannon es el de una teleología que desgana los procesos fisiológicos, para mostrar el papel que desempeñan específicamente en cuanto mecanismos causales precisos, capaces de conducir a un determinado estado final. En esta idea se desarrollará con más detalle dentro del siguiente capítulo.

Con posterioridad, la biología evitará explícitamente comprometerse con la asunción de una teleología metafísica. Un propósito firme, por ejemplo, en Jaques Monod (1910-1976): “para evitar confusiones entre la antigua y la nueva, los biólogos prefieren abandonar el antiguo término *teleología*, que todavía tiene un sabor escolástico aristotélico, y sustituirlo por *teleonomía*”⁴⁶⁶. Whitehead incorpora a su filosofía las ideas de progreso y de finalidad. La interrelación de todos los organismos que conforman ya no sólo a un individuo sino al universo entero trabaja en conjunto para que la organización consiga mejores estados (o más adecuados campos) de acción: “Sólo entendiendo cómo uno está conectado con los otros podemos esperar ver todo el significado de la integración del mundo cambiante, en el que la organización se ha ido alcanzando con sus siempre nuevos triunfos”⁴⁶⁷.

Whitehead consigue un marco filosófico donde el materialismo holista puede descansar. Esta aportación no sólo respalda a toda una generación de trabajos e investigaciones fisiológicas en Harvard, sino que abrirá nuevos foros de debate a lo largo del siglo XX en el terreno de la biología; especialmente en lo relativo a la reducción de la biología a la física. Una cuestión que tanto Henderson como Cannon y otros fisiólogos holistas, en líneas generales, tuvieron que abordar. Utilizaban las herramientas de la física y la química, aunque salvaguardaron la autonomía esencial de la biología, explicitando aquellos procesos que no podían entenderse solamente a través de estas dos ciencias. Continuaron con enfoques que hicieran posible la medida y que pudiesen hacer más fiables y objetivos los resultados de sus experimentos, pero su concepción de los procesos biológicos los llevó a estudiar sistemas sumamente complejos en los que las interacciones generan nuevas propiedades emergentes. Una visión que escapaba a los supuestos del mecanicista, quien consideraba que las partes cuentan con las mismas características cuando participan en el proceso *in vivo* e *in vitro*.

⁴⁶⁶ Montalenti, G. (1983): “Desde Aristóteles hasta Demócrito”, en Ayala, F.J. y Dobzhansky T. (ed.), *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*, Ariel, Barcelona, p. 33.

⁴⁶⁷ *Ibid.*

El materialismo holista mantenía que efectivamente los organismos son fruto de la interacción de átomos y moléculas, pero esta relación, si se quiere comprender de manera adecuada, debe estudiarse partiendo de los niveles superiores, para poder mostrar cómo esos elementos primarios trabajan al servicio del todo. Un todo que no es otra cosa que la vida misma. Sintonía, pues, con la filosofía de Whitehead, mas fruto de una apuesta teórica y epistemológica anterior al paso del filósofo británico por la Universidad de Harvard.

4.4. John Scott Haldane y la filosofía de la biología

La figura de John Scott Haldane, al igual que la de Cannon, puede caracterizarse por la diversidad tanto de episodios como de iniciativas en favor del conocimiento científico. Sus investigaciones sobre la fisiología de la respiración —a las que Cannon hace constante referencia en su libro *The Wisdom of the Body*— poseen igualmente el sello del holismo, pues muestran la interrelación de los distintos agentes que preparan al cuerpo para activar los procesos que completan la función respiratoria. Sus trabajos aplicados a la minería le dieron gran fama, y en palabras de Cannon: “Los mineros tienen mucho que agradecerle por las ingeniosas invenciones que diseñó para su cuidado y seguridad”⁴⁶⁸. Promovió una filosofía organicista que buscó desplazar al mecanicismo, tan consolidado en la biología del momento; pero incluso pretendió llevar aquella filosofía a estratos más amplios de la realidad, como eran las estructuras y procesos sociales e incluso el universo en general. Fue una persona de carácter un tanto agrio, “que defendía vigorosamente sus ideas y atacaba a aquellos otros científicos que no compartían su punto de vista, lo que le ganó la enemistad de otros hombres de ciencia”⁴⁶⁹. Sentía una gran responsabilidad por el valor práctico de sus investigaciones, hasta el punto de que llegó a experimentar en su propia persona fenómenos que pudieron poner en peligro su vida en algunos momentos (como la influencia de gases venenosos en el cuerpo o el tiempo en que una persona podría vivir sin oxígeno):

En este sentido, es sorprendente notar que su visión biológica de la vida se basa en gran parte en los experimentos que llevó a cabo sobre sí mismo. A lo largo de su carrera en la

⁴⁶⁸ Cannon, Walter B. (1965): *The Way of an Investigator*, Hafner Publishing Company, p. 138.

⁴⁶⁹ Lünen, Alexander Von (2010): *Under the waves, above the clouds: A history of the pressure suit*, Ph D. Thesis, p. 57, http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/2103/1/lunen_diss.pdf.

fisiología y la higiene industrial, Haldane realizó su investigación fisiológica casi exclusivamente en sí mismo o en otros seres humanos, ya sea la investigación de la regulación minuciosa de la respiración o los efectos de gases venenosos en los mineros, considerándose habitualmente su conejillo de indias favorito.⁴⁷⁰

En mayo de 1917, en plena Guerra Mundial, Cannon viajó a Europa para dedicarse a la investigación sobre el shock y servir con sus estudios a las fuerzas aliadas. Su primera estancia tuvo lugar en Béthune (Francia), según se ha adelantado, donde pudo ver los efectos de la guerra de cerca: “En el edificio de un seminario, a unas cinco millas de la línea de fuego, se encontraba el área de *triage* número 33 [*Causalty Clear Station 33*]. Donde sólo los muy mal heridos podían permanecer”⁴⁷¹. Sin embargo, hacia noviembre de ese mismo año, Cannon pudo seguir realizando sus estudios en el laboratorio de la University College of London, junto al fisiólogo inglés William Bayliss (1860-1924). Gracias a esta visita a Londres, Cannon tuvo su primer contacto con Haldane en febrero de 1918 con motivo de una invitación que recibió para dar una conferencia ante la Sociedad Real de Londres⁴⁷²: “Después de [charlar con] Oslers fui a llamar al profesor J. S. Haldane. Él también estaba sumergido en una investigación para la guerra, pero decidió dejarla por un momento para ir al comedor del New College”⁴⁷³. Después de este encuentro, Cannon estuvo a punto de colaborar con Haldane en investigaciones sobre el envenenamiento por gases, pues le había prometido que al terminar sus experimentos sobre el shock se uniría a la Unidad de Gas (*Gas Service*). Sin embargo, por falta de equipo fue trasladado al College de France en París, donde le permitieron continuar con sus investigaciones sobre el shock “a tan sólo unas cien yardas del pequeño cuarto donde Claude Bernard hizo sus investigaciones durante más de treinta años”⁴⁷⁴. Este hecho evitó una colaboración más directa entre Haldane y Cannon.

En cualquier caso, pese a la brevedad del encuentro, Cannon se mantuvo muy al tanto del trabajo de Haldane y probablemente Haldane tuvo una actitud recíproca. Steve

⁴⁷⁰ Sturdy, Steve (1911): "The Meanings of Life: Biology and Biography in the Work of J.S. Haldane (1860-1936)", *Transactions of the Royal Historical Society* (Sixth Series), 21, p. 188.

⁴⁷¹ Cannon, Walter B. (1965), p. 132.

⁴⁷² Además de a Haldane, Cannon pudo conocer a una serie de personajes relevantes para la fisiología de aquella época, entre ellos a Walter Morley Fletcher (1873-1933), Josep Barcroft (1872-1947) y Charles Scott Sherrington (1857-1952).

⁴⁷³ Cannon, Walter B. (1965), p. 137.

⁴⁷⁴ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000): *Walter B. Cannon Science and Society*, Boston Medical Library, Boston, p. 26.

Sturdy afirma que Haldane influyó en Cannon a través de su libro *Respiration*⁴⁷⁵, concretamente en la concepción de la “homeostasis”: “Haldane es ahora recordado principalmente por su investigación pionera sobre los mecanismos biológicos que subyacen a la delicada regulación de la tasa de respiración y otros procesos fisiológicos, y que a menudo le acredita como uno de los fundadores del moderno concepto de homeostasis”⁴⁷⁶. Sin embargo, consideramos que esta influencia no fue tan directa, aunque efectivamente las investigaciones de Haldane ayudaron a Cannon a exponer algunos de los muchos procesos homeostáticos que sirven de ejemplos en su libro *The Wisdom of the Body*.

4.4.1 Vida y aportaciones científicas

John Scott Haldane nació en mayo de 1860, en Edimburgo, y fue miembro de la centenaria familia Haldane de Gleneagles⁴⁷⁷. Hijo de Robert Haldane, abogado y pastor baptista, y de Mary Elizabeth Burdon Sanderson, John Scott llegó a colaborar una vez que terminó la carrera de Medicina con el tío de su madre, el reputado fisiólogo John Scott Burdon Sanderson (1828-1905). A su vez, fue padre de John B. Sanderson Haldane (1892-1965), el reconocido fisiólogo, genetista y biólogo evolutivo británico que incluso ha llegado a ensombrear su figura: “John Scott Haldane es comúnmente confundido (tanto por sus contemporáneos como por historiadores) con su hijo John Burdon Sanderson Haldane, quien ganó popularidad como pionero en genética y biometría”⁴⁷⁸. Su educación superior se llevó a cabo en la Academia de Edimburgo, donde obtuvo una maestría en *General Arts* en 1879 y en la Universidad de Edimburgo, donde se graduó en Medicina en 1885⁴⁷⁹. Es interesante resaltar lo que afirma Sturdy sobre la formación de Haldane: “Su motivación para estudiar medicina le llegó a través

⁴⁷⁵ Haldane, John Scott (1922): *Respiration*, Yale University Press, New Haven.

⁴⁷⁶ Sturdy, Steve (1911), p. 171.

⁴⁷⁷ “Su familia contaba con un alto rango en la sociedad y política británica”, [Lünen, Alexander Von (2010), p. 57].

⁴⁷⁸ Lünen, Alexander Von (2010), p. 54.

⁴⁷⁹ No está clara su fecha de graduación. Por un lado, Lünen lo sitúa en 1886 —Lünen, Alexander Von (2010), p. 57—, y Sturdy, un año antes —Sturdy, Steve (1911), p. 172—. Ya que Lünen cita a Sturdy en su investigación, se ha optado por aceptar la fecha que recomienda este segundo autor.

de la filosofía: ‘Me he interesado en ciertas preguntas cuyas respuestas sólo pueden ser obtenidas mediante el estudio de los procesos de la vida’⁴⁸⁰.

Parece que los estudios que realizó en la Academia de Edimburgo le dejaron nociones sólidas de filosofía; hecho que puede apreciarse en el capítulo escrito junto a su hermano Richard, que aparece en el libro *Essays in Philosophical Criticism*⁴⁸¹, publicado en 1883. En él ya se aprecia su distanciamiento del materialismo mecanicista; alejamiento que continuará más adelante en sus futuros trabajos. Junto a su hermano, realizó un análisis de la filosofía de Kant y sus categorías, como nociones que llevaron a concebir la ciencia desde su relación con lo fenoménico y, más tarde, considerarla bajo una perspectiva mecanicista. Un enfoque que consideraban equivocado: “Es imposible concebir un universo que esté constituido por relaciones de carácter exclusivamente mecánico. Por ejemplo, de nuestra concepción de lo que llamamos organismo, depende [...] la posibilidad de obtener conocimiento sobre las características más comunes de la Naturaleza, unas características que abarcan lo que entendemos como vida”⁴⁸². Este pequeño ensayo, que ya deja ver una postura organicista, podría poner en duda la supuesta influencia que tuvieron las investigaciones fisiológicas de Haldane sobre sus posturas filosóficas: “En un primer artículo, Garland Allen propone que Haldane desarrolló su teorías sobre la ‘actividad coordinada’ apoyándose en sus descubrimientos fisiológicos, dejando ver que él no elabora una filosofía genuina antes de 1909”⁴⁸³. El debate queda más allá de los objetivos del presente trabajo. Tan sólo debe resaltarse que en ese primer texto ya aparecían expuestas las nociones que más adelante utilizará Haldane. También es verdad que sus estudios fisiológicos le brindaron más herramientas para sostener su posición organicista. Por tanto, ya antes de terminar su carrera como fisiólogo, Haldane muestra interés por destronar al mecanicismo del lugar que obtuvo en la segunda mitad del siglo XIX.

Después de graduarse como médico, hizo su residencia en el Hospital Real y poco más tarde comenzó sus primeras investigaciones en la Dundee University, que

⁴⁸⁰ Sturdy, Steve (1911), p. 184.

⁴⁸¹ Seth, Andrew, Haldane, Richard (eds.) (1883), *Essays in Philosophical Criticism*, Longmans & Green, London.

⁴⁸² Haldane, John Scott y Haldane, Richard (1883): “The Relation Of Philosophy To Science”, en Seth, Andrew, Burdon Haldane, Richard (eds.), *Essays in Philosophical Criticism*, Longmans & Green, London, p. 43. No hace falta decir que el trabajo de los hermanos Haldane pasaba por alto el penetrante tratamiento que Kant da a la noción de organismo en su *Crítica del Juicio*, así como al debate entre la teleología y el mecanicismo.

⁴⁸³ Lünen, Alexander Von (2010), p. 61.

consistieron en el análisis de la composición del aire en viviendas y escuelas de barrios marginados: “A mediados del siglo XIX, muchas epidemias (especialmente de cólera) asolaron los pueblos de Escocia, así que el gobierno solicitó a los científicos investigar las condiciones higiénicas de los barrios, tanto en las viviendas como en la industria”⁴⁸⁴. Estos estudios despertaron su interés por los problemas higiénicos y su conexión con la respiración. En 1887 se unió a su tío John Burdon Senderson, en Oxford, como ayudante de la Cátedra de Fisiología. Su tío era profesor en dicha universidad, donde había obtenido la cátedra de Fisiología Wayneflete en 1882. Más tarde, en 1895, obtuvo la Cátedra Regius de Medicina. Gracias a estas primeras investigaciones dentro de un laboratorio, pudo estudiar la relación entre el contenido de dióxido de carbono y el volumen respiratorio. Durante mucho tiempo, Haldane aspiró dirigir la Cátedra de Fisiología. Sin embargo, otros fisiólogos lo consiguieron antes que él, entre ellos el célebre Charles Scott Sherrington: “Ya que fue rechazado por segunda vez [para ocuparse de la Cátedra de Fisiología], Haldane abandonó transitoriamente su puesto en el Departamento de Fisiología de la Universidad de Oxford”⁴⁸⁵.

Poco después, en 1891, Haldane se casó con Kathleen Trotter. Dado que su sueldo como asistente de Fisiología no era suficiente, Haldane se vio presionado para buscar otras alternativas. Entre ellas, encontró algunos encargos por parte de la industria minera⁴⁸⁶. La compañía Doncaster Coal Owners le pidió que investigara los gases tóxicos⁴⁸⁷ que se dispersan en las minas de carbón después de una explosión, que era la causa principal de las muertes en el sector durante aquella época. El resultado fue un informe que mostraba que las muertes en estos desastres de la minería se debían principalmente a los efectos letales de monóxido de carbono. De esta forma, mostró la toxicidad de este gas y la hipoxemia consiguiente, es decir, la deficiencia de oxígeno en la sangre. Haldane comprobó que el monóxido de carbono se une a la hemoglobina, lo que evita que ésta sirva de portadora de oxígeno en el cuerpo. Uno de los medios

⁴⁸⁴ Lünen, Alexander Von (2010), p. 58.

⁴⁸⁵ Sturdy, Steve (1911), p. 175.

⁴⁸⁶ Desde la perspectiva de Sturdy, Haldane realmente consideraba que, además de sus investigaciones y sus clases universitarias, debería hacer alguna aportación práctica, y que ésta fue la verdadera razón por la que decidió trabajar para la industria: “Su trabajo de investigación fue consistente con esta opinión. A lo largo de su carrera, pasaba gran parte de su tiempo en los establecimientos industriales, investigando los problemas de salud y seguridad en el trabajo que estaban despertando gran preocupación en ese momento. Esto no quiere decir que no tuviera interés en el avance del conocimiento biológico; de hecho, se le recuerda fundamentalmente por eso” (Sturdy, Steve (1911), p. 174).

⁴⁸⁷ En inglés, la nube de aire tóxico de carbón se conocía como *after damp*.

preventivos que concibió fue el empleo de canarios o ratones, cuyo metabolismo es más rápido que el de seres humanos —siendo más sensibles al monóxido de carbono— y que los mineros debían llevar consigo cuando descendían por la mina. Si estos animales morían, era señal de que el aire estaba viciado y que debía ser desalojado el lugar cuanto antes. “También Haldane desarrolló el aparato de Rescate para Minas, junto con Robert Davis, de Siebe & Gorman Ltd. Londres”⁴⁸⁸ en 1898. “Este aparato fue diseñado para poder determinar la cantidad de dióxido de carbono, gases combustibles y oxígeno.”⁴⁸⁹ Pero probablemente su aportación más significativa fue la de demostrar que un animal intoxicado por monóxido de carbono podía mantenerse con vida si se le suministraba oxígeno con mayor presión que la que se encuentra en la atmósfera. A esta técnica se la conoce como la del oxígeno hiperbárico (*hyperbaric oxygen*). Más adelante funcionaría, durante la Primera Guerra Mundial, como un tratamiento para víctimas por envenenamiento por gas y, en la actualidad, para brindar un suplemento de oxígeno a aviadores, montañeros y subsanar embolias gaseosas en buzos.

De esta forma, Haldane se convirtió en un científico muy reconocido en el mundo de la minería, no sólo por los avances mencionados, sino también por formar parte de comisiones gubernamentales: en 1901 se convirtió en cofundador y coeditor de la revista *Journal of Hygiene*; en 1912 fue nombrado director del laboratorio de investigación de la compañía Doncaster Coal Owners’ Association; y de 1917 a 1924 fue miembro del comité de investigación para el aparato de rescate de minas en el departamento de investigación científica e industrial (*Scientific and Industrial Research*). Además, obtuvo reconocimientos como la medalla de oro de la *Institution of Mining Engineers*, de la que fue su presidente de 1924 a 1927, o el nombramiento como *Gas Referee* por la Cámara de Comercio en 1920. “Su consideración de experto fue requerida por la Armada [...] incluyendo planes de dieta para soldados de infantería, ventilación para submarinos, investigación con víctimas de gas y máscaras de gas en la Primera Guerra Mundial.”⁴⁹⁰

Esta fue la época en la que Haldane y Cannon se conocieron: “Haldane era una persona muy original. Era sagaz e ingenioso en la experimentación fisiológica, pero

⁴⁸⁸ Lünen, Alexander Von (2010), p. 59.

⁴⁸⁹ Watson, H.A., Berger, L.B. (1956): *Equipment for Analazing Mine Atmospheres: With Special Reference To Haldande-Type Apparatus*, Bureau of Mines, United States Department of Interior, p. 11.

⁴⁹⁰ Lünen, Alexander Von (2010), p. 59.

extraordinariamente despistado.”⁴⁹¹ Como se ha dicho más arriba, Cannon no pudo participar con Haldane en las investigaciones que éste último estaba realizando sobre las patologías generadas por la intoxicación por gases y que se desarrollaban en el *Gas Service*: “Aunque [Cannon] tenía dudas de que su habilidad y experiencia experimental previa pudiesen ser útiles, algunos de sus amigos británicos pensaban de otra forma. Lord Haldane, por un lado, le aseguró que a través de una aproximación no convencional, él podría ver cosas que para otros habrían quedado inadvertidas; e incluso le señaló que era su deber ir. [...] Sin embargo, en febrero de 1918, tan pronto como llegó a París, toda esperanza de Cannon por hacer algo útil para el *Gas Service* se esfumó.”⁴⁹² Aunque el encuentro personal de Haldane y Cannon se reduce a este episodio, no cabe duda de que el impacto que el fisiólogo británico causó en Cannon le hace merecedor de una mención destacada en círculo científico-intelectual que se está describiendo en este capítulo. Cannon siguió de cerca los estudios de Haldane, especialmente los de índole fisiológica, que citó repetidamente en sus libros para ejemplificar los procesos homeostáticos de la respiración. De hecho, “El mismo Cannon mantuvo que no había mejor ejemplo de la regulación autónoma de los procesos del cuerpo que la obra sobre la respiración de Haldane.”⁴⁹³

Aunque éste se apartó de la investigación académica, como subraya Sturdy, realmente sus aportaciones a la fisiología siguieron fructificando: “Su decisión de retirarse del mundo académico estaba lejos de ser el final de su carrera, y él continuó con una vida activa en la ciencia y la industria”⁴⁹⁴. En cuanto a sus aportaciones al mundo de la fisiología, dada la necesidad de mejorar los métodos analíticos, ideó un aparato de análisis del aire (*Air Analysis Apparatus*) que le aportó bastante fama. Unos años más tarde, con Joseph Barcroft, desarrolló un método para determinar el contenido de gases en la sangre. Ambos están todavía en uso, aunque el aparato Scholander ha sustituido en gran medida al dispositivo Haldane-Barcroft. No obstante, el trabajo más conocido de Haldane, escrito en colaboración con John Gillies Priestly (1879-1941),

⁴⁹¹ Cannon, Walter B. (1965), p. 138. Cannon cuenta una anécdota que apoya esta afirmación: “En una ocasión, él y yo tuvimos que esperar en la plataforma de salida de Oxford a que otro miembro de nuestro grupo corriera tras el tren para recuperar el billete que él [Haldane] se había olvidado en su abrigo. Haldane dijo: ‘¡Nunca olvido mi billete, aunque una vez me comí uno!’ ” (*Ibid.*)

⁴⁹² Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 26.

⁴⁹³ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 154.

⁴⁹⁴ Sturdy, Steve (1911), p. 191.

versó sobre la interdependencia del nivel de dióxido de carbono en la sangre y el reflejo respiratorio:

Haldane demostró en 1905, en uno de sus famosos artículos de fisiología, que, cuando la presión parcial de dióxido de carbono a nivel alveolar (que es donde se realiza el intercambio gaseoso entre la atmósfera y la sangre) comienza a elevarse por encima del nivel normal, esto actúa como una señal para el centro respiratorio en el cerebro, ocasionando un aumento de la frecuencia y profundidad de la respiración, lo que da lugar la expulsión del dióxido de carbono y reduce su presión parcial en la sangre.⁴⁹⁵

Después de 1921, Haldane pasó gran parte del tiempo en el laboratorio de Birmingham, y es este año cuando publica su libro *Respiration* en el que muestra claramente su postura holista en fisiología: “Estoy convencido que el organismo vivo no puede ser estudiado correctamente si se separa pieza a pieza como se estudian las partes de una máquina [...]. Un organismo vivo nos muestra constantemente que es un todo autorregulado y, en este sentido, cada parte debe comportarse como una parte de ese todo autorregulado.”⁴⁹⁶ En sus últimos veinticinco años, consiguió situar el departamento de Fisiología de Oxford a un gran nivel internacional. Fue un trabajador incansable, un científico bien dotado y un importante filósofo de la biología. Haldane mostró ser un ejemplo de investigador con una actitud comprometida que miraba más allá del laboratorio.

4.4.2. Sobre los límites del mecanicismo

John Scott Haldane es, probablemente, el ejemplo más representativo de una filosofía sistematizada de carácter organicista: “[...] es el prototipo de antirreduccionista de principios del siglo [XX] que se siente capaz de oponerse, como fisiólogo cualificado, a las triunfales expectativas del mecanicismo.”⁴⁹⁷ El conocimiento que consiguió de los procesos integrados a través de sus investigaciones fisiológicas, su propia formación filosófica, junto a una profunda reflexión sobre la naturaleza de los organismos vivos y

⁴⁹⁵ Fleming, Donald (1984): “Walter B. Cannon and Homeostasis”, *Social Research*, vol. 51, n.º 3, *Modern Masters of Science*, p. 625.

⁴⁹⁶ Haldane, John Scott (1922), p. 14. Ya en su introducción muestra el objetivo de la obra: “Espero que este libro contribuya a situar a la fisiología humana en el lugar que merece, que ha sido usurpado durante mucho tiempo por experimentos con partes de rana y otros animales, o por la simple superficialidad de aspectos físicos y químicos del cuerpo” (Haldane, John Scott (1922), p. ix).

⁴⁹⁷ González Recio, J.L. (1992): “El Tenaz espectro del Vitalismo”, *Logos: Anales del Seminario de Metafísica*, (1992), p. 828.

el universo en su conjunto, le llevaron a plantear una filosofía que trasciende el ámbito de la fisiología. Haldane expresó sus teorías sobre la naturaleza de la vida en dos obras: *Mechanism, Life and Personality*⁴⁹⁸ y *The Philosophy of a Biologist*⁴⁹⁹.

Para Haldane, había un punto en el que los científicos estaban de acuerdo: que los organismos vivos “se componen de los mismos elementos químicos que se encuentran fuera del cuerpo y que no se forma [de la nada] o desaparece nueva materia dentro del mismo.”⁵⁰⁰ Gracias a los progresos técnicos que se habían conseguido, era posible producir ciertas sustancias que se habían encontrado en la naturaleza —e incluso en el interior de los seres vivos— de forma artificial. La energía que se desprende del organismo en forma de calor, la energía mecánica u otra, pueden ser rastreadas en el mundo exterior, de tal manera que “no importa lo compleja que sea la actividad orgánica, no se trata nada más que de cambios en un sistema material”⁵⁰¹. Esta concepción materialista del universo sobre la que se sustentaron sus reflexiones, la atribuía a Descartes, y no sólo la asumía en las relaciones fisiológicas, sino que la extendía a las psíquicas: “la conclusión [es] que no sólo el comportamiento animal, sino también el humano puede ser entendido como un mero comportamiento físico, incluso en lo que nos parece movimiento voluntario”⁵⁰². Debe aceptarse que algunas partes del cerebro han de ir acompañadas de conciencia, pero que ésta, aparentemente, surge de la interacción material de sus componentes. Como se trata de procesos sumamente complejos, admitía, es difícil comprender y poder explicar estos cambios de forma e interacción, y quizá el ser humano nunca será capaz de entenderlos por completo.

Entre todos los organismos complejos en el universo, sólo dentro de los seres vivos ha podido surgir la conciencia. Lo que es cierto es que esta cualidad de los seres más complejos del mundo orgánico no es en absoluto independiente de su sustrato material: “quita el suplemento de oxígeno al cerebro y la conciencia cesará en pocos segundos”⁵⁰³. Haldane creía que había otro aspecto en el que la mayoría de los investigadores coincidían. Concretamente: que tanto la estructura como la actividad orgánica son consecuencia de una actividad física y química, por lo que “la biología no

⁴⁹⁸ Haldane, John Scott (1913), *Mechanism, Life and Personality: an examination of the mechanistic theory of life and mind*, John Murray, London.

⁴⁹⁹ Haldane, John Scott (1935), *The Philosophy of a Biologist*, Oxford University Press, Oxford.

⁵⁰⁰ Haldane, John Scott (1913), pp. 1-2.

⁵⁰¹ Haldane, John Scott (1913), p. 3.

⁵⁰² *Ibid.*

⁵⁰³ Haldane, John Scott (1913), p. 4.

puede ser más que el estudio de la física y química de los organismos.”⁵⁰⁴ Ello significa que cuando se estudia en detalle un organismo, se encuentra que está compuesto de elementos con forma, tamaño, volumen, agentes químicos o sustancias secretadas que guardan relaciones entre sí. De hecho, para abarcar el estudio de estos componentes se acude a métodos físicos y químicos. Por ejemplo, al estudiarse un músculo se mide su extensión y contracción, el calor que desprende, el fenómeno químico o eléctrico que subyace a la contracción, etc. El examen es siempre enfocado hacia hechos o propiedades físico-químicas. Como ha podido apreciarse, Cannon, al igual que Haldane, comprendía que la ciencia había avanzado hasta un punto en el que los procesos biológicos debían ser abordados a partir de sus propiedades físicas y químicas. Filosóficamente, el punto más importante de la teoría mecanicista es que, en apariencia, “la actividad fisiológica depende de causas físicas y químicas”⁵⁰⁵. Sin embargo, Haldane no llegó a concebir una verdadera reducción de la fisiología a la física o química, sino que veía en estas disciplinas tan sólo un punto de apoyo. Lo que estaba buscando era mostrar un punto de partida que pudiera descartar las perspectivas vitalistas, puesto que éstas ya habían sido superadas. Al igual que Whitehead, intentó justificar la inconsistencia del vitalismo y su caída. Consideraba que esta tradición biológica, y fisiológica en particular, tenía su fundamento en las ideas aristotélicas e hipocráticas. Concepciones que, por otro lado, consiguieron eliminar las creencias más supersticiosas sobre el origen de las enfermedades, ya que las ideas hipocráticas consideraban que lo necesario para la sanación era restablecer la “naturaleza” de los organismos vivos, “y no existe nada misterioso en ellas [en las enfermedades]”⁵⁰⁶. Esta tradición hipocrática fue transformándose a lo largo de los siglos, hasta que en el restablecimiento o mantenimiento de la salud de los seres vivos se vio un proceso donde intervenían los “espíritus vitales” o “espíritus animales” (entidades gaseosas). Aunque tales concepciones incorporaban vagas explicaciones de los fenómenos de la vida, en realidad se seguían apoyando en fundamentos hipocráticos. Por esta razón, no es raro que la concepción mecanicista —avalada por Descartes— no fuera recibida con entusiasmo, ya que era difícil imaginar “una máquina que se hace, se mantiene y se

⁵⁰⁴ Haldane, John Scott (1913), p. 4.

⁵⁰⁵ Haldane, John Scott (1913), p. 30.

⁵⁰⁶ Haldane, John Scott (1935), p. 32.

repara a sí misma”⁵⁰⁷. Los espíritus fueron sustituidos luego por una fuerza vital. Pero dicho vitalismo, contra el que lucharon figuras como Müller, Bernard o Ludwig, fue expulsado de las teorías biológicas en la segunda mitad del siglo XIX, al considerarse que la vida “no era más que un conjunto de procesos físico-químicos complejos”⁵⁰⁸.

Sin embargo, existen ciertas propiedades de los seres vivos que hacen difícil aceptar esta reducción de los sistemas biológicos al mundo químico y físico. Por ejemplo, “la actividad coordinada que puede conducir hacia la supervivencia del individuo o de la especie”⁵⁰⁹. Un tipo de coordinación que no se encuentra fuera del mundo orgánico, lo que la hace tan única, que es imprescindible admitir que se mantiene alejada de “las fuerzas ciegas de la física y la química”⁵¹⁰. Para sostener esta concepción teleológica de los seres vivos, Haldane acude a varios ejemplos para mostrar que los sistemas de un organismo, e incluso sus órganos, son afectados por las reacciones químicas existentes en otros órganos. De esta manera, da paso a su concepción de lo que es para él la fisiología holista: “Desde hace tiempo se conoce que las sustancias químicas producidas por la actividad de un órgano son llevadas a través de la sangre a otros órganos, en donde ellas excitan otra actividad de una forma natural y sumamente específica para mantener su estructura, composición y función normal dentro del cuerpo como un todo”⁵¹¹. En estos casos, la respuesta sigue al estímulo, la causa al efecto, con infalible exactitud. Esta correlación entre los órganos no sólo se da a través del sistema nervioso, sino que está presente en todo el cuerpo. Haldane, fisiólogo de profesión, sabía que tales procesos debían medirse a través de técnicas físico-químicas. Para la explicación de estos fenómenos, los avances científicos de la época no permitían acudir a principios o variables que quedaran fuera de la experimentación. Sin embargo, concebir todo el sistema reduciéndolo a entidades y leyes físicas y químicas no dejaba de ser sólo una perspectiva posible, aunque no necesariamente fiel a la completa realidad: “Por un proceso de abstracción artificial podemos negar la coordinación sostenida que vemos, y esto es lo que hacemos cuando nos esforzamos por interpretar los fenómenos física o químicamente”⁵¹².

⁵⁰⁷ Haldane, John Scott (1935), p. 33.

⁵⁰⁸ Haldane, John Scott (1935), p. 37.

⁵⁰⁹ Haldane, John Scott (1913), p. 8.

⁵¹⁰ Haldane, John Scott (1913), p. 9.

⁵¹¹ Haldane, John Scott (1913), p. 10.

⁵¹² Haldane, John Scott (1935), p. 42.

Muchos de los mecanismos fisiológicos del cuerpo se activan debido a la excitación producida por ciertas sustancias que operan dentro de él. Por ejemplo, la respiración se ve afectada cuando aumenta la concentración de iones de hidrógeno en la sangre. Lo mismo sucede con el hígado o los riñones: debido a la influencia de una serie de agentes, como podría ser la adrenalina, su actividad se ve modificada. Sin embargo, al intentar averiguar a qué se debe que estas sustancias aumenten o disminuyan en la corriente sanguínea para producir esta excitación de los órganos, las causas siguen siendo oscuras. “Más aún, la excitación varía en respuesta a cada mínimo cambio del medio ambiente, así como con la primera respuesta [del órgano] al estímulo.”⁵¹³ Cada cambio, en apariencia insignificante, de estas sustancias que excitan a los órganos puede afectar profundamente su actividad, bien sea aumentándola o inhibiéndola, teniendo influencia además en otras partes del organismo. Incluso aunque se haya llegado al punto de prever los procesos cuando se dan condiciones normales, es complejo anticiparse a todos los factores que influyen en los mecanismos cuando hay una alteración. Según el fisiólogo inglés, el escrutinio más profundo de estos procesos muestra que tales “condiciones” son mucho más complejas de lo que aparentan. En un intento por ver la conexión de donde emergen esas respuestas, se había comprobado que existía un complejo conjunto de condiciones que hacía difícil su apreciación cuantitativa⁵¹⁴. Al igual que Whitehead, Haldane, consideraba un enigma cómo la configuración de la materia podía crear los estratos más elevados de la organización. No desmintió el materialismo, pues comprendía que cada estructura se compone, en el fondo, de la unión de partículas subatómicas, átomos y moléculas. Sin embargo, consideraba que la raíz de su unión para dar origen a una célula, a un órgano o a un sistema seguía oculta por un velo: “no podemos decir con exactitud en qué se convierten los átomos y las moléculas en el cuerpo, cuán lejos o en qué sentido se acumulan para formar tejido vivo o de qué forma la energía potencial es inmediatamente utilizada”⁵¹⁵.

Semejante mantenimiento coordinado implica una adaptación constante a los cambios de las circunstancias externas. Esto podría llevar a pensar que existe un diseño

⁵¹³ Haldane, John Scott (1913), p. 33.

⁵¹⁴ Como se ha visto en el capítulo anterior, el análisis de los procesos homeostáticos que realiza Cannon ya brindaba bastante luz sobre las causas y efectos en los cambios de los agentes que hacen activarse dichos mecanismos. No obstante, desde una perspectiva epistemológica y metodológica, Cannon está de acuerdo con la idea de que ciertos procesos se escapan a un estudio meramente cuantitativo. Esta idea se desarrollará en el siguiente capítulo.

⁵¹⁵ Haldane, John Scott (1913), p. 36.

que guía semejante adaptación a través de los procesos coordinados, pero la tradición mecanicista invita a admitir que esa adaptación es ciega. Por tanto, cuando uno analiza los procesos que ocurren dentro de un organismo, debe creer en explicaciones basadas en las ciencias físicas o, por lo menos, en la promesa de que en el futuro llegarán a ser explicados en estos términos. Aun así, se puede observar que estos procesos están organizados de tal manera que existe un constante mantenimiento coordinado que se escapa a la explicación mecanicista:

El problema que existe con las teorías mecanicistas, sobre todo aquellas que utilizan la física de Newton, es que intentan comprender los procesos de forma física y química. Esto quiere decir que interpretan cada proceso como un evento separado (en el tiempo) que ocurre en unidades separables de materia. La consecuencia es que la evidente coordinación mencionada u holismo de la vida no es capaz de ser expresada en estos términos.⁵¹⁶

Haldane consideraba que, si bien la fisiología mecanicista era algo del pasado y que había cambiado la forma de abordar los problemas biológicos, el mecanicismo había prestado un gran servicio a la ciencia. De hecho, en su opinión, había tenido que establecerse una postura mecanicista previa, para que a continuación pudiera abordarse la fisiología de los organismos desde una perspectiva holista⁵¹⁷. Si algo cabía agradecer a las teorías mecanicistas es que ellas habían sido una fuente de experimentación y, por ende, de comprobación. En cambio, las teorías vitalistas, al no poder ser puestas a prueba, realmente entorpecían el camino de una fisiología madura. Cualquier intento de justificar o rechazar una hipótesis era imposible en el marco del vitalismo. Sin embargo, incluso los fisiólogos vitalistas terminaron por aceptar que los procesos físicos y químicos descansaban en la constitución de la materia y del universo, “la consecuencia natural fue que en términos de detalles experimentales, siempre tuvieron que lidiar con lo que parecía un fenómeno físico o químico, o con algo ininteligible”⁵¹⁸. Como al final los vitalistas no podían explicar la influencia que tenía aquella fuerza vital sobre los átomos y moléculas que componían los organismos, terminaron por plegarse al enfoque donde los procesos físicos y químicos se convertían en protagonistas.

⁵¹⁶ Haldane, John Scott (1935), p. 45.

⁵¹⁷ El presente trabajo se apoya en esta hipótesis y debe a Haldane tal valoración acumulativa del conocimiento fisiológico. La figura de Walter Cannon ayuda a evidenciar esta perspectiva a través del cambio que fue concretándose en las tres etapas de su investigación fisiológica, expuestas en el capítulo anterior.

⁵¹⁸ Haldane, John Scott (1913), p. 62.

La hipótesis mecanicista ha sido la única de las dos [vitalista y mecanicista] que parece intrínsecamente capaz de ayudarnos en los detalles de la investigación biológica; y aun así esta teoría es indudablemente un error en relación con la investigación biológica como un todo; la teoría vitalista, si alguien puede llamarle teoría, es sólo un camino que nos sirve para manifestarse como un error, y no nos ayuda a un verdadero entendimiento.⁵¹⁹

4.4.3. *Propuestas filosóficas de Haldane*

Una vez justificados los límites del mecanicismo, Haldane pudo proponer su concepción sobre la vida, e incluso sobre la naturaleza en general. Para ello, explicitó todavía más, si cabe, aquellos factores de los organismos que consideraba no pueden ser estudiados desde una perspectiva mecanicista. Comenzó, por tanto, mostrando lo compleja que es la medición dentro del mundo orgánico, en comparación con lo que acontece en el mundo inorgánico. Para mostrar las diferencias entre lo cuantificable en el mundo físico y en el organismo, acudió al ejemplo de los fenómenos ópticos. La intensidad de la luz era entendida como la “fuerza” con la que un objeto produce luz. Esto quiere decir que una lámpara emite más luz que una vela y, por esa razón, un objeto iluminado por la lámpara será más brillante que si está iluminado por la vela. Tal fenómeno, desde el punto de vista de la percepción humana, parece evidente, pero existe una diferencia considerable de adaptación que no puede obviarse. Cuando se entra en una habitación iluminada con cierta intensidad y de pronto se apagan las luces y se deja encendida sólo una vela, toda la habitación parecerá muy oscura, pero al cabo de un rato, la visión se habrá adaptado de tal forma que los objetos volverán a parecer iluminados (como si la intensidad de la iluminación producida por la vela aumentase). Toda fuente de luz puede ser medible objetivamente en cuanto a su intensidad, obteniendo una magnitud perfectamente cuantificable, pero ¿cómo se puede medir el grado de adaptación de la percepción ocular?

Lo mismo sucede con los colores. Haldane acudía a la teoría de Newton sobre la longitud de las ondas y su producción del color, pero después mostró cómo, a partir de sombras y filtros, un objeto llega a cambiar de color. Lo interesante es que cuando se coloca el objeto ante un fondo blanco, pese a las sombras o filtros que modifican el color de dicho objeto, ese fondo sigue pareciendo blanco a la mirada. ¿Cómo es posible

⁵¹⁹ Haldane, John Scott (1913), p. 64.

que se mantenga blanco si en ese momento es iluminado por una fuente de luz con cualidades distintas? Es un fenómeno que puede analizarse desde la percepción (psicología), pero no desde los supuestos de la fisiología mecanicista.

Por tanto, concluyó, después de exponer estos efectos de la luz “es imposible distinguir en ellos lo que es ‘objetivo’ de lo que es ‘subjetivo’ o depende de nosotros mismos”⁵²⁰. Desde Galileo y Newton, se ha buscado entender al universo a través de una concepción física del mundo visible que nos rodea. Ello se acomoda a la identificación popular de la realidad con algo que es completamente independiente de nosotros. Con los ejemplos mencionados, se hace patente que lo que vemos alrededor puede volverse algo diferente, a través de una operación psicológica (la percepción). Haldane defendió que no es posible pensar en el mundo circundante entendiéndolo como lo que se presenta a simples observadores, sino que hay que darse cuenta de que el ser humano forma parte de ese mundo y no menos de estas percepciones. “Nuestras propias experiencias sensoriales, como expresiones de la vida, están encarnadas en todo lo que percibimos”⁵²¹.

Desde el punto de vista de la ciencia física tradicional, un organismo vivo es un complejo agregado de unidades de materia, separables, y asociados causalmente unos con otros en eventos separables. Desde la perspectiva biológica, por otro lado, las aparentes unidades de materia y eventos parecen no ser en realidad separables, sino que en su relación forman parte de la manifestación de una coordinación y persistencia del todo al que llamamos vida y que no tiene límites espaciales. Así, estas unidades separables y estos eventos propios de la interpretación física son vistos como ilusorios, pero el mismo fenómeno se vuelve inteligible en cuanto es interpretado como un fenómeno de la vida.⁵²²

Para Haldane, el principal error de los mecanicistas de la segunda mitad del siglo XIX es que no se dieron cuenta de lo anterior. La secreción, la absorción, el crecimiento, la excitación nerviosa, la contracción muscular, etc., fueron tratados por los fisiólogos mecanicistas como procesos físicos y químicos separados unos de otros, cuando en realidad todos forman parte de la actividad metabólica que se encuentra indisolublemente relacionada. “Las estructuras vivas están evidentemente organizadas: esto quiere decir que cada parte sustenta una clara relación con cada una de las otras. Como, en cualquier caso, la estructura es el resultado de la actividad metabólica, se

⁵²⁰ Haldane, John Scott (1935), p. 58.

⁵²¹ Haldane, John Scott (1935), p. 60.

⁵²² Haldane, John Scott (1935), p. 62.

deduce que esta actividad del cuerpo viviente también está organizada; cada aspecto de ella está sostenido mediante una clara relación con cada otro aspecto”⁵²³.

Los organismos podrían entenderse como un cúmulo de materia y energía, y de tal forma concebirse como una especie de máquinas complejas. Pero si se hace un examen minucioso de su esencia, tendremos que concluir que su estructura es una estructura viva y que su actividad es una actividad viva; y que ambas, estructura y actividad, son la expresión de un orgánico e indivisible todo. Las ideas de materia y energía son ideas, pero en el caso de los seres vivos, dichas ideas están fundidas y transformadas en la concepción del organismo. “En los organismos hay actividad constante, constante renovación, constantes pérdidas y una reproducción de la estructura viva; esta es la esencia de nuestra concepción de la vida.”⁵²⁴

Al igual que Walter Cannon, Haldane mostró que la forma de estudiar los seres vivos debía partir de una fisiología holista. Para poder comprender los sistemas, hay que poner atención en aquellos factores que activan los mecanismos de acción del cuerpo. Ambos coincidían en que los sistemas están conectados unos con otros por la acción de ciertos agentes, pero que a su vez son liberados para cubrir la necesidad en alguna parte del cuerpo, sea esta provocada por un desequilibrio interno o por factores de compensación debidos a una modificación externa. Por ejemplo, Haldane, que se centró en el estudio de la respiración, defendió que cuando uno examina los procesos que consisten en la distribución de partículas de oxígeno por la sangre, podría considerar estos eventos por separado, pero su estudio desde esa perspectiva llevaría a una definición imperfecta. Al contrario, cuando este mismo proceso se estudia como una expresión de las redes de coordinación en el organismo, se hace mucho más inteligible. Un fenómeno fisiológico pierde su sentido si se estudia como fenómeno aislado.

Sin embargo, mientras Cannon defiende que el organismo vivo cuenta con estos procesos homeostáticos para poder ser independiente y libre, para Haldane tal independencia es relativa: “La relación del organismo vivo con su medioambiente no es menos peculiar y específica que la relación entre sus partes internas y actividades”⁵²⁵. Entre el medio ambiente y el organismo hay una actividad de intercambio que no cesa. El medio ambiente influye en la actividad interna del organismo, que responde a

⁵²³ Haldane, John Scott (1913), pp. 78-79.

⁵²⁴ Haldane, John Scott (1913), p. 93.

⁵²⁵ Haldane, John Scott (1913), p.79.

cualquier estímulo fluyendo como un todo. El cuerpo viviente y su ambiente fisiológico forman un todo orgánico. Pero Haldane llegó mucho más lejos: entendía que cada organismo tiene una influencia, aunque no sea notoria, sobre todos los otros organismos y que no existe una absoluta separación entre ellos, en forma parecida a como no puede concebirse una desconexión entre las partes que conforman un mismo ser viviente. Por último, concluyó que dentro del mundo de la vida, visto desde una perspectiva holista y no mecanicista, el espacio y el tiempo no están separados, sino que son una unidad; lo mismo sucede con las causas y los efectos: no pueden separarse ya que son tan sólo una unidad de estímulos y respuestas que se desprenden de la manifestación de la vida; e, igualmente, materia y energía, que podrían considerarse separables, pero que tienen que comprenderse como el producto de una sola unidad: “se vuelven inteligibles cuando trabajan en conjunto y de forma global en el mantenimiento de la vida”⁵²⁶.

Haldane no se conformaba con mostrar que el mundo biológico no puede reducirse a la física y la química. Quizá el objetivo más ambicioso de este fisiólogo es el de reducir el mundo físico y químico al biológico. Si Cannon intentó llevar los procesos homeostáticos a la organización social⁵²⁷, Haldane, en un proyecto más globalizante, intentó, al igual que Whitehead, integrar la relación de todos los sistemas (físicos, químicos, orgánicos), como hizo con los procesos internos del organismo. Esto significa que quiso brindar una explicación del universo a partir de una propuesta biologicista. Por otro lado, la propuesta quería ser compatible con un materialismo que, sin embargo, pretendía que el más alto nivel de coordinación de los organismos era la conciencia.

Haldane se mantuvo firme en su postura sobre lo que él llamó *organismos con conciencia*: “Debemos, por tanto, la teoría de que la vida consciente es simplemente una serie de estados aislados de conciencia que son el misterioso acompañamiento de ciertos procesos físicos y químicos del cerebro”⁵²⁸. Tampoco creía que el organismo o el cerebro sean “el asiento” donde descansa un *yo* o *alma* totalmente independiente del cuerpo. No es adecuado pensar, sin más, que un organismo es consciente de la actividad que acontece en sí mismo (por ejemplo, no somos conscientes de los movimientos digestivos, o del transporte de oxígeno por el flujo sanguíneo). De lo que sí es consciente un organismo es del medio que le rodea y en una relación tan ajustada, que

⁵²⁶ Haldane, John Scott (1935), p. 62.

⁵²⁷ En el siguiente capítulo se detallará este proyecto expuesto por Cannon como epílogo a su libro *La sabiduría del cuerpo*.

⁵²⁸ Haldane, John Scott (1913), p.79.

podría decirse que más o menos controla este medio circundante en una interacción continua. De esta manera, la conciencia en organismos superiores como el ser humano alcanza tanto a la propia existencia como a la del entorno, y distingue estos dos grados de existencia: “el yo y el no-yo”. Ambos están vinculados al mismo mundo que es el mundo de la suprema existencia: “los elementos en este mundo —todo lo que percibimos— existen únicamente en cuanto a sus relaciones con otros, como partes de un superior todo”⁵²⁹.

4.5. La inexistencia de una verdadera influencia recíproca

Son muchos los autores que han encontrado en las figuras de Cannon, Henderson, Whitehead y Haldane posiciones comunes y que defienden la existencia de influencias entre ellos. Por lo que se ha podido ver en este capítulo, las semejanzas en algunas de sus concepciones teóricas son evidentes. Todos creen que existe una interrelación entre las partes que componen un sistema y, por esta razón, sólo es posible su conocimiento pleno a través del estudio del todo. También comparten una orientación teleológica, ya que concluyen que no es posible explicar un fenómeno si no se encuentra la función que desempeña dentro del sistema al que pertenece. Esta relación, desde un punto de vista fisiológico-organicista, podría definirse a través de las palabras de Von Bertalanffy: “El concepto del ser vivo como un todo, en contraposición con el planteamiento analítico y aditivo; el concepto dinámico, en contraposición con el estático y el teórico-mecanicista; el concepto de organismo como actividad primaria, en contraste con el concepto de reactividad primaria.”⁵³⁰

Sin duda, la relación que mantuvieron entre ellos fue cercana. En el caso de Henderson y Cannon, gracias a su encuentro en la Universidad de Harvard, donde estrecharon lazos. Al fallecer Henderson, en 1942, Cannon editó sus memorias, que se presentaron en la Academia Nacional de Ciencias. Por otro lado, fue Henderson quien consiguió que Harvard se interesara por contratar a Whitehead como profesor de filosofía y, como se ha visto, también fue quien preparó la edición de las conferencias Lowell que Whitehead pronunció. Finalmente, Haldane y Cannon se conocieron durante la Primera Guerra Mundial y es notorio el seguimiento que hizo este último de las

⁵²⁹ Haldane, John Scott (1913), p. 108.

⁵³⁰ Von Bertalanffy, L. (1971): *Robots, hombres y mentes*, Ediciones Guadarrama, Madrid, p. 20.

investigaciones del fisiólogo inglés, pues en varios de sus libros hace referencia a los resultados de éstas sobre la fisiología de la respiración. De hecho, en *The Wisdom of the Body* tomó algunos de los resultados obtenidos por Haldane para explicar los procesos homeostáticos.

Sin embargo, encontrar una verdadera filiación en el trabajo de unos respecto al de los otros es con frecuencia forzar la relación. Eso es lo que pretende Allen cuando afirma⁵³¹ que fue Whitehead quien formuló explícitamente el materialismo holista de Cannon y Henderson, cuando en realidad, como ha sido expuesto, los trabajos más filosóficos tanto de Henderson (*The Fitness of Environment* y *The Order of Nature*) como de Cannon (*The Wisdom of the Body*) habían sido escritos antes de que Whitehead entablara relación con ellos. La presente investigación avala el punto de vista de Parascandola, quien, al contrario, opina que Henderson es el que influyó en Whitehead: “Aunque Henderson no fijó la forma de las doctrinas de los filósofos de Harvard, como Royce y Whitehead, sus escritos filosóficos sí que influyeron en su pensamiento, ya que les brindó [...] la evidencia que fortaleció sus propias posiciones”⁵³².

También historiadores como Albury y Cross encuentran relaciones que son parcialmente correctas, pero en una lectura más profunda se comprueba que existen matices que no se tienen en cuenta: “El más significativo paralelismo, desde nuestro punto de vista, es que los dos fisiólogos [Henderson y Cannon] desarrollaron una versión ‘análoga al organicismo’, cuyo principal rasgo fue el supuesto hipocrático de *vis medicatrix naturae*”⁵³³. Es cierto que tanto Cannon (en *The Wisdom of the Body*) como Henderson⁵³⁴ mencionan la *vis medicatrix naturae*, si bien en el caso específico de Cannon, al igual que ocurre con el *milieu intérieur* de Bernard, son conceptos que le ayudan a *ilustrar* una explicación sobre los procesos homeostáticos. Sin embargo, no necesitaba de ellos (ni del concepto hipocrático ni del bernardiano) para definir sus ideas o para interpretar bajo su propia perspectiva los procesos que estaba estudiando.

⁵³¹ La cita textual se encuentra en la introducción de este capítulo.

⁵³² Parascandola, John (1992), p. 176.

⁵³³ Albury, R. William, Cross, Stephen J. (1987), p. 170.

⁵³⁴ “‘La idea de la enfermedad como un estado’ —observa él [Henderson] en 1940—, ‘surgió de una más amplia perspectiva al concebir la enfermedad como un proceso de dos fases: el equilibrio y la recuperación de ese equilibrio. Este es el fundamento en el que se basa la teoría hipocrática. Más tarde esta doctrina dará origen a la noción de *vis medicatrix naturae*’. Henderson pudo encontrar señales de que ‘los fisiólogos estaban regresando a la posición de Hipócrates, y que esta doctrina se estaba rescatando de forma moderna’” (Albury, R. William, Cross, Stephen J. (1987), p. 178.

Finalmente, la relación entre Cannon, Henderson y Haldane es abordada por Fleming para explicar que Cannon conocía muy bien *The Fitness of Environment* de Henderson y *Respiration* de Haldane. De hecho, se habría valido de dichos estudios, según Fleming, en la formulación de su concepto de homeostasis: “Aunque claramente el libro de Henderson tuvo poca influencia en Cannon. El libro que le sirvió fue el de Haldane”⁵³⁵. No obstante, la única justificación de Fleming para sostener esta idea es que Haldane prestó mucha atención a Claude Bernard, mientras que Henderson tan sólo lo mencionó una vez y de manera descontextualizada. Esta explicación precisaría de una mayor solidez argumentativa. En primer lugar, porque en realidad en la obra de Cannon (*The Wisdom of the Body*) existen más referencias a Henderson (especialmente a su libro *Blood*) que a Haldane. Es verdad que se apoya en los resultados obtenidos por ambos fisiólogos para poder ejemplificar distintos procesos homeostáticos: un hecho que no es difícil constatar, dado que al final de cada capítulo de los libros de Cannon se hace mención de forma clara y rigurosa de los autores, investigaciones y publicaciones en las que se apoya. En segundo lugar, debemos repetir que en el siguiente capítulo de este se defenderá que la influencia de Bernard sobre el origen del concepto homeostasis de Cannon no es directa. Por tanto, las alusiones al fisiólogo francés en los libros de Henderson y Haldane no son suficientes para justificar la influencia que quiere evidenciar Fleming.

Así pues, es importante reconocer la cercanía que existe entre las tesis de los cuatro autores. También es muy interesante apreciar que coincidieron en un contexto histórico preciso y que sus líneas de investigación se mantuvieron próximas. En cambio, intentar defender la existencia de una mayor influencia entre ellos cuando conciben sus teorías capitales es ir demasiado lejos. Por eso, resulta pertinente atender de nuevo a las palabras de von Bertalanffy sobre el surgimiento del organicismo a comienzos del siglo XX:

Podría prolongar esta lista, pero el punto que deseo señalar ya resulta claro. Hubo autores separados geográficamente por grandes distancias y no relacionados entre sí, que trabajaban en campos muy distintos y llegaron a conclusiones de una semejanza esencial, algunas veces hasta el punto de emplear expresiones casi idénticas.⁵³⁶

⁵³⁵ Fleming, Donald (1984): “Walter B. Cannon and Homeostasis”, *Social Research*, vol. 51, n.º 3, *Modern Masters of Science*, p. 626.

⁵³⁶ Von Bertalanffy, L. (1971), pp. 21-22.

Otro aspecto importante que no debe dejarse de lado, aunque en el siguiente capítulo se volverá a tratar con mayor profundidad, es la diferencia de la perspectiva teleológica propia de Cannon y la de Henderson, Haldane y Whitehead. La distinción radica en el carácter causalmente analizable y preciso de los procesos homeostáticos presentados por Cannon, mientras Henderson, Haldane y Whitehead terminan por sostener un concepto de teleología difuso, inarticulado o inanalizable. Para Cannon, las operaciones que se activan cuando sobreviene un cambio para mantener la estabilidad pueden estudiarse, comprenderse, establecerse experimentalmente y predecirse. Responden a un claro orden direccional, porque dichos procesos se activan con el fin de preservar la estabilidad del cuerpo que, a su vez, persigue en última instancia mantener la vida. Por su parte, para Whitehead y Haldane, la ordenación funcional tan característica del organismo parece escaparse al análisis físico-químico, y aunque pretenden alejarse también de la existencia de una sustancia o fuerza especial (según era concebida por los vitalistas), no consiguen definir una alternativa que no resulte estéril cuando pretenden dar fundamento al carácter teleológico de los seres vivos.

4.6 Cannon y su relación con Ivan Pavlov

Sobre su relación con Pavlov, el propio Cannon escribió: “A través de mi abuelo Ludwig, estoy relacionado con otros descendientes suyos: el fisiólogo italiano Mosso, el farmacólogo inglés Brinton y el fisiólogo ruso Pavlov”⁵³⁷. Sin embargo, no es posible decir que Pavlov o Cannon hayan podido estar sometidos a influencias recíprocas. Incluso es complicado mostrar una afinidad epistemológica si se comparan las formas de abordar sus investigaciones fisiológicas. Como se ha visto en el primer capítulo, Iván P. Pavlov pertenecía a la tradición de fisiólogos mecanicistas, en parte gracias a su estancia en el laboratorio de Carl Ludwig, lo que contribuyó a que Cannon siempre se sintiera ligado al fisiólogo ruso⁵³⁸. En el capítulo anterior se ha descrito cómo Cannon comenzó haciendo investigaciones, que al igual que algunos estudios de Pavlov, se

⁵³⁷ Cannon, Walter B. (1965): *The Way Of An Investigator. A Scientist's Experiences In Medical Research*, Hafner Publishing Company, New York and London, p. 89.

⁵³⁸ Este tipo de relaciones apoyan una de las principales tesis del presente trabajo. Concretamente, la importancia que tuvo la institucionalización. Gracias a dicho fenómeno se crearon lazos que fomentaron una comunicación fluida entre investigadores, lo que a su vez contribuyó a un aumento en el descubrimiento y la explicación de los procesos fisiológicos.

centraron en el aparato digestivo: “En ciertos aspectos el curso de mi investigación y las de algunos fisiólogos rusos, como I.P. Pavlov, siguieron un desarrollo similar. Durante muchos años, él y sus colaboradores estudiaron cómo operan y son controladas las glándulas”⁵³⁹. También es verdad, según se ha descrito, que el enfoque mediante el que Cannon se adentró en los estudios sobre la motilidad gástrica puede considerarse mecanicista. Sin embargo, paso a paso, iría cambiando la orientación de sus investigaciones hacia una fisiología holista, lo que le acerca teórica y filosóficamente más a los tres personajes estudiados en este capítulo. Aun así, Cannon no sólo sintió interés por Pavlov y sus líneas de investigación, sino que estuvo muy pendiente del resultado de sus trabajos; especialmente desde que descubrió que el tracto digestivo detenía sus movimientos por causas emocionales, pues encontró interesante la obra de Pavlov para iluminar este fenómeno. En varias de las obras de Cannon, en especial en *The Mechanical Factors of Digestion* o en *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*, es posible hallar citas y referencias a la obra de Pavlov. Incluso es muy probable que su concepto de “cólera simulada” (*sham rage*)⁵⁴⁰ esté emparentado con el concepto pavloviano de “alimentación simulada” (*sham feeding*):

Las sensaciones o estados afectivos favorables a la digestión han sido fructíferamente estudiados por Pavlov, de Leningrado, a través de ingeniosos experimentos con perros. Con el uso de una cuidadosa operación quirúrgica fue capaz de adherir a un costado del estómago una bolsa, en la que era depositada, de forma separada, la comida [ingerida por el perro]. [...] Todos los placeres de comer podían ser experimentados y no había necesidad de parar por la sensación de sentirse lleno. A este proceso se le llamó ‘alimentación simulada’. [...] Por el método de la secreción simulada Pavlov mostró que, masticando y tragando la comida, el perro disfrutaba, originaba, después de cinco minutos, una corriente de jugos gástricos naturales en la bolsa del estómago: una corriente que se mantenía tanto como el perro siguiera masticando y comiendo y continuaba un poco después de que la alimentación se terminara. Evidentemente la presencia de comida en el estómago no es la primera condición de la secreción gástrica. [...] la conclusión es que era una secreción verdaderamente psíquica.⁵⁴¹

⁵³⁹ Cannon, Walter B. (1965): *op. cit.*, p. 184.

⁵⁴⁰ “Britton y yo descubrimos, hace algunos años, que la extirpación rápida de ambos hemisferios cerebrales, con inmediata suspensión de la anestesia, va seguida de la manifestación de los fenómenos de cólera: la llamada pseudocólera o cólera simulada, debida a que habiendo sido suprimidos los hemisferios, los sucesos exteriores no son bien apreciados por el animal. Junto con la erección de los pelos, en la cólera simulada se dan la dilatación pupilar, el pulso frecuente, la presión sanguínea elevada y otros signos de excitación del simpático”, en Cannon, Walter B. (1939): *The Wisdom of the Body, The North Library*, New York, pp. 116-117.

⁵⁴¹ Cannon, Walter B. (1929): *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: an account of recent researches into the function of emotional excitement*, Appleton, New York, 2nd edition, p. 4.

Pero fuera de esta relación científica, entre Pavlov y Cannon existió un vínculo más estrecho: el de la amistad. Cannon estuvo muy interesado en ayudar a algunos de los fisiólogos que se encontraban en una situación difícil en Rusia durante la inestabilidad del país después de la Revolución, entre 1920 y 1923. Periodo en el cual Rusia sufrió enfermedades epidémicas como tifus, malaria, tifoidea, cólera, tuberculosis, sífilis y disentería, pero sobre todo hambre. Uno de los afectados era precisamente Pavlov, que según anunciaba la revista francesa *Les Dernieres Nouvelles*⁵⁴² de octubre de 1920 se estaba muriendo de hambre en Petrogrado. Todo hacía presagiar que no podría sobrevivir el siguiente invierno. Cuando Cannon se enteró de esta situación, se movilizó para intentar ayudar al fisiólogo ruso. Mantuvo correspondencia, entre otros, con Sherrington y especialmente con Carl Tigerstedt, de la Universidad de Helsinki, para seguir informado de la situación de Pavlov. Gracias al apoyo de Cannon y otros colaboradores alertados por él, Pavlov pudo establecerse por una temporada en la Universidad de Helsinki. En una carta que le escribió el 15 de abril de 1922, Pavlov le mostraba su agradecimiento:

Le suplico antes de nada que acepte mi más sincero agradecimiento, [y que lo haga llegar] a todos sus colegas americanos. La ciencia, la literatura, el arte unen a todo el mundo [...]. Sí, la ciencia me ha dado y me da no sólo la mayor satisfacción y alegría a mi vida, sino que también me está brindando una familia completa de gran amparo, tanto moral como material, a través de una simpatía y diferentes tipos de ayuda de todo el mundo, en éstas, nuestras muy tristes circunstancias.⁵⁴³

⁵⁴² La información sobre este episodio de la vida de Cannon (la ayuda que prestó a Pavlov para que saliera de su situación de pobreza) ha sido obtenida principalmente en: Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000): *Walter B. Cannon, Science and Society*, Boston Medical Library, Boston, pp. 125-143.

⁵⁴³ Beninson, Saul, Barger A. Clifford y Wolfe, Elin (2000), pp. 128-129.

CAPÍTULO QUINTO.- ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS Y METODOLÓGICOS EN LA FISIOLÓGÍA DE WALTER CANNON

La búsqueda a través del entendimiento es una aventura o, más comúnmente, una serie de aventuras.
Walter Cannon⁵⁴⁴

*Una día, Bradford [el hijo mayor de Cannon] le confesó que su maestro le había castigado a él y otro niño por tirarse bolas de nieve. “¿Para qué creen los profesores que sirve la nieve?”, se quejó indignado. Cannon quedó tan impactado por la lógica de Bradford que usó la historia como ilustración de una charla que dio en el Royce Club sobre el valor de la perspectiva teleológica para la fisiología.”*⁵⁴⁵

5.1. El camino de un investigador

Hacia el final de su vida, Cannon comenzó a escribir su autobiografía. En ella relató una serie de episodios que le convirtieron en la insigne figura de la fisiología que llegó a ser. Pero, además, este libro puede ayudar a comprender algunas de sus ideas fundamentales sobre la investigación fisiológica; ideas que dejó plasmadas de forma sistemática a lo largo de los capítulos que dedica a sus descubrimientos, sus desafíos, sus errores y su constante búsqueda del funcionamiento de los mecanismos fisiológicos que investigaba. Es una obra clave para entender la concepción epistemológica y metodológica que Cannon acabó teniendo de la fisiología. En el libro se narran: la forma en que llegó a formular las hipótesis que le dieron la clave para resolver los enigmas con los que se fue encontrando a lo largo de sus estudios; la importancia de instruir a nuevos investigadores, como uno de los motores del avance científico; la docencia como fuente de inspiración, para la resolución de problemas; la importancia de mantenerse al día sobre las investigaciones de otros científicos; el uso de las corazonadas frente a los obstáculos que se va encontrando el investigador en su camino; la forma de guiar la investigación fisiológica desde una perspectiva holista; y, especialmente importante, su concepción teleológica de la vida, entre otros temas diversos.

⁵⁴⁴ Cannon, Walter B. (1965): *The Way of an Investigator*, Hafner Publishing Company, New York, p. 22.

⁵⁴⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987): *Walter B. Cannon: The Life and Times of a Young Scientist*, The Belknap Press of Harvard University Press, USA, p. 369.

El presente capítulo pretende abordar las claves epistemológicas y metodológicas que encontramos en la fisiología de Walter Cannon. Será a través de estas perspectivas como se analizará la concepción general que tenía de la fisiología holista, para después presentar las ideas particulares con que contemplaba su propia fisiología. Primeramente se matizará la influencia que se atribuye al *milieu intérieur* de Claude Bernard en la noción de *homeostasis*. Se explicarán las razones que existen para atender a esa probable influencia; mas, por otro lado, se mostrarán ciertos hechos que la desmienten. Con estos elementos se intentará hacer una nueva lectura, que considera que el concepto de Bernard fue utilizado por Cannon solamente para poder ejemplificar, de forma más adecuada, los procesos homeostáticos. A continuación, se podrá justificar que Cannon era consciente de que la fisiología mecanicista necesitaba ser sustituida por otra que atendiera a los procesos integrados del organismo. Para ello, se expondrán los alcances y limitaciones que Cannon encontraba en la metodología mecanicista cuando se estudian los fenómenos complejos e interrelacionados del cuerpo, así como algunas de sus reflexiones acerca de la investigación experimental. Junto a ello, nos acercaremos a la concepción teleológica que alcanzó del organismo biológico y que intentó extender al *organismo social*. Finalmente, se mostrará la relación que mantuvo con el fenómeno de la institucionalización, siendo el laboratorio de Harvard, instituto que presidió de 1906 a 1942, el primero que se fundó en Estados Unidos.

5.2. Implicaciones filosóficas de la fisiología holista de Cannon

Cuando Walter Cannon comenzó su labor investigadora sólo contaba con las competencias obtenidas en el *Instituto de Harvard*, la serie de conocimientos médicos que había podido acumular en los primeros meses de su primer año de carrera y con mucho entusiasmo para compaginar las clases con la experimentación fisiológica. Su intención, en un principio, consistía únicamente en complementar su formación teórica con las prácticas que le permitieran hacer dentro del laboratorio. Ya se ha comentado que Cannon abrazaba la idea de ser médico y que fue su inmersión en los estudios dentro del laboratorio lo que lo llevó a dedicarse a la investigación fisiológica.⁵⁴⁶ En

⁵⁴⁶ “Cuando era pequeño mi padre expresó su deseo de que me hiciera médico. De alguna manera yo tenía esa intención cuando entré en el Instituto de Harvard. [...] En ese tiempo me sentía atraído por la posibilidad de dedicar mi vida a la neurología y la psiquiatría. [...] Si, siendo un estudiante de primero de

cualquier caso, cuando solicitó al director del laboratorio que le asignase alguna labor experimental, con la cual satisfacer este propósito de complementar su educación, realmente no contaba con ninguna perspectiva metodológica. Por consiguiente, es posible decir que la adquisición de sus primeras destrezas experimentales las obtiene de quien fue su guía en estas tareas: Henry P. Bowditch.

Como se vio en el capítulo dedicado al corpus fisiológico de Cannon, está completamente justificado decir de él que comenzó sus estudios fisiológicos bajo una perspectiva mecanicista. Bowditch, su supervisor, se formó, como sabemos, en el laboratorio de Leipzig, que fue el ejemplo a seguir por otras instituciones de este tipo. Lo hizo, según se expuso más arriba, bajo la enseñanza de Carl Ludwig, una de las principales figuras de la fisiología mecanicista. Lo que indica que Bowditch contó con una perspectiva epistemológica y metodológica proveniente de la escuela reduccionista alemana. Los experimentos que Bowditch asignó a Cannon, así como la programática seguida en ellos, fue producto de esa perspectiva mecanicista. Su intención era que Cannon explorase los movimientos peristálticos del tubo digestivo con el empleo de un aparato de rayos X. El registro de estos datos tenía que ser cuantificable y se esperaba de Cannon que su análisis fuese hecho a través de porciones separadas. En un principio tuvo que centrarse sólo en el trayecto del bolo alimenticio desde la boca al estómago, o sea, atendía principalmente a lo que ocurre en el esófago. Esta investigación contó con todas las deudas epistemológicas del mecanicismo, pues pretendía estudiar la actividad del aparato digestivo a través de la separación drástica de sus segmentos: se intentaba saber qué ocurre en cada tramo del sistema sin tomar en cuenta su relación con otras partes del mismo u otros sistemas. La idea era que según el estudio avanzara, y una vez recopilados los hallazgos funcionales relativos a cada sección, sería posible comprender cómo operaba el aparato digestivo en conjunto. Por otro lado, la metodología que empleó fue también reduccionista, pues buscaba establecer datos referidos a los elementos aislados que intervenían en el proceso: llevó a cabo un riguroso registro del tiempo que tardaban en cruzar el esófago distintos tipos de alimento; apuntó aquellos sitios en los que vio que el alimento se retenía; estudió las veces en las que el bolo alimenticio volvía atrás; tomó muestras de las secreciones generadas por este órgano para analizarlas químicamente, e incluso, a través de un riguroso escrutinio, registró las

medicina, no hubiera tomado el camino de la investigación fisiológica del tracto digestivo [...] me habría convertido en neurólogo”. Cannon, Walter B (1965), pp. 21-22.

veces en que los movimientos peristálticos se detenían. Su libro *The Mechanical Factors of Digestion* es un tratado mecanicista, aunque en él ya están presentes algunos enigmas que no era capaz de resolver apoyándose en esta perspectiva epistemológica.

Precisamente, debido a tales problemas, Cannon comprobó que en los procesos digestivos intervienen otros sistemas del cuerpo: “Las primeras observaciones sobre las actividades mecánicas del tracto alimenticio mostraron su notable sensibilidad a la excitación emocional. La detención de esta actividad en momentos de excitación llevó a estudios de otros cambios del cuerpo que están asociados a fuertes emociones y que son inducidos por impulsos enviados a través de los nervios del sistema simpático.”⁵⁴⁷ Para poder investigar estos mecanismos tuvo que cambiar la orientación que presidía sus trabajos. En lugar de seguir fijándose en los estratos inferiores, tuvo que centrarse en estratos superiores (comenzó a ver la relación de los órganos digestivos con otros órganos, como las glándulas suprarrenales, y otros sistemas, como el sistema nervioso autónomo). Así dio sus primeros pasos hacia una fisiología holista. Su perspectiva epistemológica, como se ha visto en el capítulo tercero, se encaminó hacia el holismo, una vez que definió la teoría de la emergencia y que describió los procesos homeostáticos (momento en que entiende que el cuerpo es un todo complejo donde la interrelación de las partes no puede obviarse). Hasta ahora sólo se ha explicado la forma en que Cannon condujo sus investigaciones fisiológicas, es decir, se ha brindado una descripción de cómo llegó a interpretar ciertos procesos orgánicos. Sin embargo, ¿qué apoyos filosóficos se esconden en su labor como investigador? La teoría de la emergencia y los procesos homeostáticos podrían considerarse explicaciones teleológicas, pero ¿realmente Cannon asume de forma *consciente* que en los organismos vivos existe una organización de orden teleológico? ¿Es esta concepción teleológica la base de sus trabajos como fisiólogo? En pocas palabras: ¿su fisiología responde ontológica y epistemológicamente a una filosofía con claros compromisos teleológicos? Ahora bien, ¿qué versión de la teleología está dispuesto a defender? Por otra parte, ¿se podrían encontrar en su obra indicios de un organicismo generalizado que alcanzara toda la naturaleza o la sociedad? A continuación intentaremos dar respuesta a estas preguntas. Para comenzar, es importante establecer si realmente existió una influencia

⁵⁴⁷ Cannon, Walter B. (1965), p. 92.

de la noción de *milieu intérieur* bernardiana en la concepción que Cannon fue elaborando sobre la homeostasis.

5.2.1. Supuesta influencia de Claude Bernard en la concepción de la ‘homeostasis’

A lo largo del su libro *The Wisdom of the Body*, Cannon cita⁵⁴⁸ a Claude Bernard como el primer fisiólogo que, a través de su concepto de *milieu intérieur*⁵⁴⁹, hizo mención del equilibrio interno del organismo, en cuanto estado estable que se mantiene independiente de los cambios del mundo exterior. En algunos casos parece un elemento sustancial dentro de las propuestas que Cannon realizó sobre la autonomía y la libertad de los organismos: “Este ‘medio interno’ —como lo llamó Claude Bernard— es un producto del propio organismo. Siempre que permanezca uniforme, será innecesario el gran número de funciones que mantienen la constancia gracias al trabajo de los diversos órganos del cuerpo. La fijeza del ‘medio interno’ debe ser vista, en consecuencia, como una adaptación de la economía”⁵⁵⁰. Con estas referencias, es comprensible llegar a la conclusión apresurada de que el concepto de *milieu intérieur* de Bernard está en el origen de la idea de homeostasis desarrollada por Cannon.

⁵⁴⁸ “Fue el gran fisiólogo francés Claude Bernard el primero en sugerir que el factor importantísimo que consigue la estabilidad y mantiene los estados estables en el cuerpo es el medio interno, o lo que nosotros llamamos fluido matriz.” [Cannon, Walter B. (1939), p. 37]. “Bernard puso un especial énfasis en la importancia de la libertad del organismo frente a las limitaciones que impone el mundo exterior: agua, oxígeno, temperatura uniforme y suministros nutricionales (incluyendo sales, grasas y azúcares) como necesidades constantes”, [Cannon, Walter B. (1939), p. 38].

⁵⁴⁹ Aunque Pedro García Barreno apunta como primer libro en el que Bernard hace referencia al *milieu intérieur* a las *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme* (1859), se suele acudir a su obra póstuma, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux* (1878), para señalar el lugar donde el concepto aparece mejor delineado. En ésta última obra, Bernard propone una caracterización de la vida en tres niveles: 1) *la vida latente*, en el que no se evidencian propiamente fenómenos vitales; 2) *la vida oscilante*, donde ya existen manifestaciones de vida, pero varían en función del medio externo; y 3) *la vida constante*, que es la que permite cierta libertad e independencia del medio externo: “*La vida constante* es la tercera forma de vida y es la que se encuentra en los organismos superiores. Parece ser libre: fluye en un entorno constante a pesar de las alteraciones del medio cósmico [o externo]. Este es un mecanismo de compensación muy complicado que mantiene el *medio interno* que rodea los tejidos, de forma independiente, y a pesar de cualesquiera que sean las vicisitudes cósmicas, en una atmósfera idéntica a la que puede encontrarse en un invernadero real.” (Bernard, Cl. (1879): *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Librairie J. B. Baillière et Fils, París, vol. 1, p. 6. La traducción es de Pedro García Barreno. Más adelante dice: “Las condiciones extrínsecas esenciales, lejos de ser infinitamente variadas, son por el contrario poco numerosas, y las mismas para todas las células animales y vegetales.” [...] Toda célula exige para vivir la reunión de estas condiciones. Necesita agua, oxígeno, una temperatura conveniente, ciertos principios químicos, y todo esto en proporciones evidentemente constantes. [...] Deberá haber en torno a ellas un verdadero medio interno donde se encuentren reunidas estas condiciones comunes.” (Bernard, Cl. (1879), vol. 1, p. 7).

⁵⁵⁰ Cannon, Walter B. (1939): *The Wisdom of the Body*, The North Library, New York., p. 287.

Además, el concepto tuvo el gran valor de servir como punto de partida para investigaciones científicas posteriores. Los trabajos de John Scott Haldane, Walter Bradford Cannon, Lawrence Joseph Henderson y Joseph Barcroft fueron la continuación del esquema conceptual creado por Bernard. Sin embargo, estos cuatro “continuadores” fueron anglosajones, y la repercusión de sus trabajos muy superior a la de sus discípulos directos [de Bernard].⁵⁵¹

El propio Cannon señaló a Bernard como el primer fisiólogo que describió la sangre y la linfa en cuanto líquidos del medio interno y al que Cannon llamaría *fluido matriz*. ¿Se puede, entonces, poner en duda que el concepto homeostasis tiene su origen en el *milieu intérieur* de Bernard? ¿Cabe la posibilidad de que Cannon llegara al establecimiento de los procesos homeostáticos de forma independiente a Bernard? O dicho con otras palabras: ¿sin el concepto de *milieu intérieur*, Cannon hubiese sido capaz de alcanzar la noción de *homeostasis*? Para poder contestar a estas preguntas habrá que hacer un recorrido por los hechos que rodean al nacimiento del concepto mismo de homeostasis.

Se ha dicho previamente que Cannon ya conocía la obra de Bernard siendo todavía estudiante de medicina. Como es habitual en cualquier investigador, procuro estar al día leyendo la literatura existente sobre los problemas de que se ocupaba. Muestra de ello son sus artículos sobre los movimientos del tracto digestivo, compilados en el libro *The Mechanical Factors of Digestion*. Allí cita a Bernard, quien también hizo aproximaciones a la fisiología del aparato digestivo, especialmente en su relación con el sistema nervioso⁵⁵². Sin embargo, la referencia al concepto de *milieu intérieur* sólo aparece en los estudios publicados a partir del momento en que Cannon comienza a emplear el término “homeostasis”. O sea, existe una coincidencia entre el uso de este término (“homeostasis”) y la mención del término acuñado por Bernard. Ahora se explicará todo ello con más detenimiento, pero antes hay que decir que se ha podido constatar que Cannon había empleado la expresión “medio interno” en algunos de los cursos de fisiología que impartió:

⁵⁵¹ García Barreno, Pedro (2005), Prólogo, en Bernard, Claude: *Introducción al estudio de la medicina experimental*, Crítica, Barcelona, p. 76.

⁵⁵² “Ya he hablado de que al cortar los dos nervios vagos de un gato, se produce un incremento temporal en el tono del esfínter del cardias. Estas observaciones se encuentran en concordancia con aquellas de Bernard, Schiff y Kronecker y Meltzer.” En Cannon, Walter B. (1911): *The Mechanical Factors of Digestion*, Edward Arnold, London, p. 34. Por citar un ejemplo.

[...] aunque Cannon se refirió a Claude Bernard y su concepto *milieu intérieur* en las clases que daba a los alumnos de medicina de Harvard ya desde 1921, todo parece indicar que no era consciente de la utilidad [de dicho concepto] para su propio trabajo, hasta que ya iba bastante encaminado en el desarrollo de su idea de homeostasis.⁵⁵³

En el capítulo tercero hemos aludido a las seis proposiciones en que Cannon resumió los fundamentos de los procesos homeostáticos (véase p. 158). Si bien están desarrolladas en su obra *The Wisdom of the Body* (1932), lo cierto es que la primera vez que las enunció fue en el Congreso de Médicos y Cirujanos Americanos en mayo de 1925⁵⁵⁴. Allí no hace todavía mención del término “homeostasis”:

Las seis proposiciones fueron expuestas e ilustradas con ejemplos por Cannon, con sus recientes experimentos y descubrimientos, incluyendo la descripción del factor simpático-adrenal que trabaja para mantener el nivel de azúcar en la sangre estable y que protege al organismo del peligro de la hipoglucemia. [...] Aunque su intervención ya contaba con una fuerte presencia de la homeostasis, Cannon todavía no estaba preparado para perfeccionar la doctrina.⁵⁵⁵

Un año después de que Cannon asistiera a este congreso fue invitado para hacer una colaboración en un libro dedicado a la figura del fisiólogo francés Charles Robert Richet (1850-1935)⁵⁵⁶. En él presentó por primera vez el término “homeostasis”: “Básicamente reduce la versión de sus seis proposiciones, pero con el inetrés de contener de forma impresa por primera vez la nueva palabra de Cannon”⁵⁵⁷. No obstante, existen dos hechos sobresalientes que hay que subrayar. El primero de ellos es que en esta aportación Cannon hace una cita de Richet, que más adelante volverá a usar en su libro *The Wisdom of the Body*:

Más tarde, en 1900, el fisiólogo francés Charles Richet hace resaltar un notable hecho: “Los seres vivos son estables” —escribe—, “y es preciso que así ocurra para que no sean destruidos, disueltos o desintegrados por las fuerzas colosales, normalmente adversas, que los rodean. Pero por una contradicción sólo aparente, mantienen su estabilidad porque son excitables, capaces de modificarse según las irritaciones externas

⁵⁵³ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 146.

⁵⁵⁴ Cannon, Walter B. (1926): “Some General Features of Endocrine Influence on Metabolism”, *Transactions of the Congress of American Physicians and Surgeons*, Washington, D.C., May 5th and 6th, Published by the Congress, New Haven, pp. 31-32.

⁵⁵⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 153.

⁵⁵⁶ Cannon, Walter B. (1926) “Physiological regulation of normal states: some tentative postulates concerning biological homeostatics”, *Jubilee volume to Charles Richet*, Editions Médicales, Paris, pp. 91-93.

⁵⁵⁷ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 154.

y ajustando sus respuestas a estas irritaciones; sólo son estables, porque son modificables”.⁵⁵⁸

En esta cita está contenida la principal distinción —y aportación— de la *homeostasis* frente al *milieu intérieur* de Bernard. En el caso del fisiólogo francés, se hace mención de una constancia en las condiciones del medio interno, mientras que Cannon sugiere que esta constancia es aparente, pues en realidad existen diversas variaciones que activan reacciones fisiológicas coordinadas con el fin de mantener el equilibrio. El segundo hecho interesante es la mención a Claude Bernard, quien “incluso antes de que Richet lo observara [dijo que] todos los mecanismos vitales, no importa lo variables que sean, tienen un único objetivo: el de preservar constantes las condiciones del medio interno”⁵⁵⁹.

Para Beninson, Barger y Wolfe tal alusión no significa que Cannon tuviera que recurrir al concepto de medio interno para crear su propia noción de homeostasis. Incluso piensan que es posible que llegara a ella a partir de la contribución que hizo al libro conmemorativo del aniversario de Richet. Aunque Cannon ya conocía las teorías de Bernard, la hipótesis de estos tres autores considera que fue en su búsqueda de fuentes para la realización de esta colaboración cuando se le ocurrió la idea de usar el concepto de medio interno a su favor: “Es posible que el reencuentro de Cannon con el pensamiento de Bernard ocurriera mientras investigaba sobre la vida y obra de Richet, es decir, al preparar su artículo para el volumen del aniversario”⁵⁶⁰.

También se ha hablado en el capítulo anterior sobre la hipótesis que Fleming (véase p. 227) planteó en torno a la supuesta influencia del concepto de medio interno de Bernard en el de homeostasis de Cannon⁵⁶¹. En este caso, Fleming opina que fue al leer el trabajo de Henderson (*Blood: A Study in General Physiology*) y muy especialmente el de Haldane (*Respiration*) cuando descubrió el uso que hacían estos autores del concepto de *medio interno*. En los dos libros se explican procesos homeostáticos (sin que Haldane o Henderson hicieran uso de este término), que Cannon citó en su obra *The Wisdom of the Body*. Aunque ya se ha justificado que no existe evidencia sólida que muestre una influencia notoria entre estos autores, no cabe duda de

⁵⁵⁸ Cannon, Walter B. (1939), p. 21.

⁵⁵⁹ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 154.

⁵⁶⁰ *Ibid.*

⁵⁶¹ Fleming, Donald: “Walter B. Cannon and Homeostasis”, *Social Research*, vol. 51, n.º 3, Modern Masters of Science, 1984, pp. 609-640.

que Cannon encontró en ellos otras líneas de investigación que complementaron la suya propia y le brindaron mayor solidez argumental y ejemplos para su exposición de la idea de homeostasis fisiológica. La manera en que empleaban el concepto de *milieu intérieur* en relación con sus propias investigaciones pudo llevar a Cannon a ver una utilidad en la idea bernardiana para ilustrar su propia teoría y mostrar los antecedentes que respaldaban de forma más firme su aportación.

Albury y Cross han planteado una tercera hipótesis que intenta rebajar la influencia del concepto de medio interno de Bernard en la concepción de la homeostasis. Ambos son de la opinión de que “junto con Henderson, Cannon es la figura que hizo revivir el interés por Bernard durante los años de entre guerras”⁵⁶². No obstante, creen que no fue el *milieu intérieur*, sino la *vis medicatrix naturae* hipocrática⁵⁶³ la raíz de donde Cannon se nutrió para desarrollar su teoría sobre los procesos homeostáticos: “Aunque Cannon ha hecho pensar a sus lectores que, al igual que sus colegas científicos, Barcroft, Haldane y Henderson, ha revivido y adoptado la doctrina esencial de Bernard, en realidad es el aspecto ‘hipocrático’, antes que el bernardiano, el que asume en su fisiología regulatoria”⁵⁶⁴. Para estos autores, Bernard es un ejemplo de mecanicista que se opone claramente a los vitalistas y que tiene una postura epistemológica determinista en fisiología. Bernard, según Albury y Cross, entiende que “la medicina científica es la creencia de que la curación sólo es posible a través de un ejercicio directo de control.”⁵⁶⁵

⁵⁶² Albury, R. William, Cross, Stephen J. (1987): “Walter B. Cannon, L. J. Henderson and the Organic Analogy”, *Osiris*, Ed. The History of Sciences Society, vol. 3, p. 172.

⁵⁶³ Aunque la *vis medicatrix naturae* es un término escolástico, se trata de un principio hipocrático no utilizado con tal denominación a lo largo del *Corpus*. No obstante, sí puede encontrarse como asunción explícita en distintos opúsculos de la colección hipocrática; aquí sólo se describen unas cuantos ejemplos: “[...]Pero el que tiene en sus manos al enfermo, si muestra los descubrimientos de su oficio, conservando la naturaleza sin alterarla, obtendrá el beneficio del momento o eliminará la desconfianza inmediata. Efectivamente, el buen estado físico del hombre es una naturaleza que, de modo natural, produce un movimiento que no es extraño, sino perfectamente ajustado: lo está creando mediante la respiración, el calor y la producción de los humores, y, de manera absoluta, con el régimen en su conjunto y con todo, si no existe algún defecto de nacimiento o desde el principio. Pero si se produce alguno, tratándose de una deficiencia, hay que intentar recomponer la naturaleza subyacente. Pues la disminución, incluso la que se extiende en el tiempo, es contra la naturaleza.” *Preceptos. Tratados hipocráticos* I, Editorial Gredos, Madrid, 2000, pp.- 317-318. (Ed., trad. y notas de C. García Gual). “Las naturalezas son médicos de las enfermedades. La Naturaleza descubre los recursos por sí misma, no a partir del entendimiento: como, por ejemplo, parpadear, el hecho de que la lengua preste un servicio, y las demás cosas de ese estilo. La Naturaleza, bien educada, hace lo debido por propia iniciativa, no por haber adquirido conocimiento. *Epidemias. Tratados hipocráticos*, VI, Editorial Gredos, Madrid, 1989, pp. 230. (Ed., trad. y notas de E. García Novo).

⁵⁶⁴ Albury, R. William y Cross, Stephen J. (1987), p. 175.

⁵⁶⁵ Albury, R. William y Cross, Stephen J. (1987), p. 176.

En este sentido, Cannon, Henderson y Haldane defienden una interpretación sobre la restauración de la salud distinta a la de Bernard. Aunque debe practicarse una intervención sobre el organismo, *también hay que favorecer que éste emplee sus propios remedios naturales, pues él ya busca constantemente su estabilidad*. Según ellos, el organismo sabrá restablecerse de forma natural y el médico sólo debe ayudar al cuerpo a encontrar el camino que lo aliviará: “Para Cannon [...] existen las condiciones que protegen a las tendencias naturales de la crisis y las perturbaciones, pero estas tendencias no pueden ser remplazadas por otras creadas artificialmente. Como médico y fisiólogo, Cannon tiene una visión que es claramente hipocrática y su pensamiento social es hipocrático también”⁵⁶⁶.

Es cierto que Cannon rescata de la medicina hipocrática la idea de que los estados homeostáticos soportan un estado natural del organismo que procura, ante todo, mantenerse saludable. También es verdad que le atrae esa imagen hipocrática del médico cuyo único objetivo debería ser el de reconducir los procesos del cuerpo hacia sus estados naturales de regulación. Es fácil ver que esta perspectiva actúa sobre él, puesto que en muchos pasajes de su obra se refiere a su teoría de la homeostasis como una interpretación moderna de la *vis medicatrix naturae*.

La eficiencia y constancia con que la vida logra mantenerse han impresionado siempre a los biólogos. La idea de que las enfermedades se curan merced a un poder natural, la *vis medicatrix naturae* ya formulada por Hipócrates (460-377 a.C.), implica la existencia de actividades que operan corrigiendo y restableciendo la normalidad en el organismo, cuando éste se ha apartado de ella.⁵⁶⁷

También se puede encontrar un compromiso teleológico en la postura hipocrática de Cannon. De hecho, cuando habla de la *vis medicatrix naturae* en realidad lo hace con el propósito de mostrar la operatividad teleológica del organismo. Cannon equipara los procesos homeostáticos con la fuerza curativa de la naturaleza de la tradición hipocrática, pues coincide con el hipocratismo en que el “propósito” que tienen las funciones del cuerpo es mantener su estabilidad, su salud:

Fue el propio padre de la medicina quien introdujo el uso de la expresión “la fuerza curativa de la naturaleza”, *vis medicatrix naturae*. Así indicaba, obviamente, que reconocía el hecho de los procesos de reparación de las lesiones y de restauración de la salud, con independencia de todo tratamiento que el médico pudiera aplicar. Nosotros

⁵⁶⁶ *Ibid.*

⁵⁶⁷ Cannon, Walter B. (1939), pp. 20-21.

hemos pasado revista a los variados procesos protectores estabilizadores del cuerpo, en vistas a una interpretación moderna de la *vis medicatrix naturae*. [...] La historia de los hombres nos cuenta cuán numerosos han sido los métodos usados para tratar las enfermedades, desde tanteos al tuntún, hasta el contacto de la mano del rey o el empleo de plegarias; todo justifica el hecho de que los enfermos sanan sin tratamiento ninguno.⁵⁶⁸

Aunque no puede decirse que llevara esta idea a la clínica médica de forma directa, por no haberla ejercido, sus ideas pudieron transmitirse a través de sus clases (“en lugar de practicar la medicina, me dediqué a formar estudiantes de medicina”⁵⁶⁹). En resumen, tales ideas apuntaban a los agentes que restablecen de forma natural, pero sobre todo automática, los trastornos que surgen en el organismo. Albury y Cross consideran el hecho suficientemente importante como para desmentir que exista una primordial influencia del concepto *milieu intérieur* de Bernard sobre el concepto de homeostasis de Cannon. En realidad, es a la *vis medicatrix naturae* a la que hay que otorgar una verdadera influencia sobre la fisiología del investigador norteamericano.⁵⁷⁰

En resumen, existen tres razones para restar protagonismo al *milieu intérieur* de Bernard en el nacimiento de la noción de homeostasis: a) Cannon redescubre el concepto de medio interno cuando revisa la vida y obra de Charles Richet (tiempo después de haber concebido ya los principios de la homeostasis); b) se apoyó en la noción de *milieu intérieur* cuando leyó que Henderson, y especialmente Haldane, habían hecho uso de él para acompañar a sus trabajos fisiológicos, (igualmente con posterioridad a su definición de la idea de homeostasis; c) en realidad, el concepto de *milieu intérieur* no ejemplifica tan bien la esencia de la noción de equilibrio homeostático como lo hace el de *vis medicatrix naturae*. Los tres argumentos, como se ha visto, cuentan con un grado importante de fiabilidad. Beninson, Barger y Wolfe, llevaron a cabo una una investigación exhaustiva sobre la vida y obra de Cannon y sobre el modo en que fue creciendo su adhesión al holismo. Por eso, aunque es

⁵⁶⁸ Cannon, Walter B. (1939), p. 240.

⁵⁶⁹ Cannon, Walter B. (1965), p. 21.

⁵⁷⁰ No debe pasarse por alto que la idea del restablecimiento natural debe mucho a la influencia de Alcmeón de Crotona, “primer médico occidental del que se conservan textos” que hizo suya la doctrina del equilibrio de elementos o principios contrarios. (González Recio, José Luis (2004): *Teorías de la Vida*, Editorial Síntesis, Madrid, p.25.). Los conceptos que Alcmeón de Crotona utiliza son los de *isonomía* y *monarchía*: la primera mantiene el equilibrio de las fuerzas, mientras que “la *monarchía* —la desaparición del equilibrio por predominio de un solo elemento o cualidad— es causa de enfermedades, porque interrumpe el estado estable de las fuerzas y potencias en que se funda la vida.” (González Recio, José Luis (2004), p. 27.)

interesante su hipótesis sobre el papel que jugó el contacto de Cannon con la obra de Richet, parecería más justificado buscar el origen de la idea de homeostasis en la cadena de experimentos que Cannon realizó, los enigmas que se encontró y la forma creativa en que les dio respuesta.

Recientemente (2008), también el psicólogo Steven J. Cooper escribió un artículo para *Appetite* donde analiza la posible influencia del *milieu intérieur* de Bernard en la concepción de la homeostasis de Cannon: “En mi opinión, Cannon nunca perdió de vista el trabajo de Bernard. El artículo de Cannon⁵⁷¹ está extraído de Bernard (1878)⁵⁷², cuando se refiere a ‘las condiciones de vida en el medio interno’ ”⁵⁷³. Sin embargo, se trata de una apreciación puramente superficial. No se profundiza al nivel en que lo hacen Wolfe, Barger y Beninsson, quienes niegan semejante influencia. Cooper no sólo no refuta la tesis de estos autores, sino que tampoco menciona ningún libro, artículo o carta que aporte evidencia sobre la supuesta influencia. Se alude simplemente a la admiración que sintió Cannon por Bernard, recordando el retrato de éste que Cannon tenía en su despacho de Harvard (junto al de Darwin): “No es difícil imaginar que los dos hombres fueron una inspiración para él.”⁵⁷⁴ Algo que, por otro lado, nadie puede negar.

No existió, pues, una influencia decisiva de Bernard sobre Cannon por lo que se refiere a la gestación de la idea de homeostasis. Apareció ésta en el seno mismo de la investigación experimental a que estuvo entregado el fisiólogo de Harvard. Ya hemos hablado de ello en el capítulo tercero, y hemos podido apreciar cómo Cannon fue penetrando en la complejidad de los procesos del organismo según fueron surgiendo enigmas desde sus primeras investigaciones: “en cada etapa apareció un número de nuevas ideas que sugerían la siguiente etapa de investigación: del interés de las funciones digestivas al estudio del efecto de las emociones en los procesos del organismo, de la regulación de estados estables en el cuerpo a la medicación química de los impulsos nerviosos. [...] Afortunadamente, las preguntas que quedaron atrás sin ser contestadas fueron atendidas por otros fisiólogos y se convirtieron en el centro de sus

⁵⁷¹ Está haciendo referencia a: Cannon, Walter B. (1926), pp. 91-93.

⁵⁷² Está haciendo referencia a: Bernard, Cl.: *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Librairie J. -B. Baillière et Fils, París, 1879.

⁵⁷³ Cooper, Steven J., (2008), p. 424.

⁵⁷⁴ Cooper, Steven J., (2008), p. 423.

investigaciones”⁵⁷⁵. Los enigmas que encontró y su habilidad investigadora—tanto para detectar fenómenos desconocidos, como para proponer hipótesis que abrieran nuevas líneas de trabajo— fueron los factores que le llevaron a descubrir los procesos homeostáticos.

Cuando en sus primeros estudios observó el cese de la peristalsis, descubrió, con alto grado de pericia, que dicho fenómeno se debía a la furia, el miedo o el dolor que experimentaba el animal mientras estaba en funcionamiento la actividad digestiva. Después notó que estos estados alteraban otros procesos del organismo, no sólo los digestivos, lo que le llevó a buscar una explicación en la influencia del sistema nervioso y de las glándulas suprarrenales, que secretaban una sustancia que parecía influir en la aparición de estos fenómenos. Por ese motivo emprendió su indagación sobre los efectos de la adrenalina en los procesos corporales. Gracias a una extensa serie de experimentos pudo comprender la influencia que tenía esta hormona en el organismo y, más importante, que su secreción estaba relacionada con la excitación emocional (miedo, furia, dolor e incluso el hambre y la sed). Estos hallazgos le permitieron comenzar a formular su teoría de la emergencia basada en la idea de preparación del organismo para “luchar o huir” en caso de peligro. Asimismo, estudió el shock traumático en heridos de guerra debido a mutilaciones, a envenenamiento por gases o a electrocución. En tales estados, el cuerpo no puede detener el desbordamiento de sus sistemas y, por tanto, sobreviene la muerte. Cannon se dio cuenta de que, antes de llegar el momento previo a la muerte, el cuerpo intenta, a través de una serie de ajustes funcionales, salvaguardar la vida del individuo: una redistribución del flujo sanguíneo para mantener bien irrigados los órganos más importantes —y, por ende, bien oxigenados— o una contracción de las arterias para intentar mantener la presión sanguínea, entre otros. En la descripción de estos mecanismos ya se encuentra latente el concepto de homeostasis, pero hacían falta más evidencias para alcanzar una explicación general sobre este conjunto de procesos.

Una vez culminados sus estudios sobre el shock, se vio envuelto en una polémica por sus investigaciones sobre las influencias de las glándulas suprarrenales y el sistema nervioso. Recuérdese que Stewart y Rogoff criticaban los experimentos de Cannon por considerarlos “toscos”⁵⁷⁶ y poco fiables. Independientemente de la

⁵⁷⁵ Cannon, Walter B. (1965), p. 21.

⁵⁷⁶ Véanse páginas 152 a 157.

polémica, esta situación llevó a Cannon a perfeccionar su técnica del corazón denervado para mostrar la veracidad de su teoría sobre la influencia de la adrenalina en los cambios corporales. Mientras intentaba mejorar su técnica y recabar más información, aparecieron otros enigmas que le llevaron a realizar una simpatectomía en sus animales de investigación (extirpar el sistema nervioso simpático). Esto finalmente, como se ha visto, le permitió, por un lado, reunir la evidencia que le faltaba para poder explicar de forma completa y general los sistemas de estabilidad del cuerpo y concebir la *homeostasis* y, por otro, descubrir la mediación química del sistema nervioso simpático a partir de la sustancia que él llamo *simpatina*.

En esta etapa Cannon se apoyó en las investigaciones de otros colegas. Sus biógrafos han señalado especialmente la influencia que sobre él ejercieron Haldane, Henderson y Barcroft: fisiólogos que mencionaron a Bernard como el primer autor en explicar la estabilidad del medio interno. Sin embargo, Cannon también cita los trabajos de muchos otros investigadores⁵⁷⁷. El problema es que los estudiosos de Cannon han forzado esta relación con Bernard por ser un autor al que hacen referencia los cuatro fisiólogos más representativos de la fisiología holista de la primera mitad del siglo XX: Haldane, Henderson, Barcroft y el propio Cannon. Estos científicos centraron sus estudios en los cambios fisiológicos que existen de forma constante para mantener la estabilidad de la sangre (Henderson), de la respiración (Haldane y Barcroft) y otros mecanismos partícipes de la homeostasis (Cannon). Suele ser habitual que, para aportar mayor credibilidad a una teoría, el científico busque antecedentes que proporcionen antecedentes históricos su posición. El *milieu intérieur* brinda un terreno adecuado para ilustrar las explicaciones holistas, pero sin acudir al *milieu intérieur*, ¿hubiese sido imposible el planteamiento de las teorías de estos autores? En el caso específico de Cannon, y una vez contemplada minuciosamente su obra, es razonable contestar que sin el concepto de *milieu intérieur* Cannon hubiese llegado a las mismas conclusiones. Fueron sus propios experimentos, sus resultados y su propia capacidad de teorización los factores principales que le llevaron a descubrir los procesos homeostáticos y a definirlos. El *milieu intérieur* y la *vis medicatrix naturae* hipocrática ayudaron a Cannon a explicarse mejor y a reflexionar sobre sus propias ideas. En realidad, son una

⁵⁷⁷ Basta un breve repaso a cualquiera de sus libros (en este caso *The Wisdom of the Body*) para ver la infinidad de estudios y de científicos en los que apoya su teoría: Bayliss, Pflüger, Richet, Priestley (por mencionar unos pocos); y cómo acude igualmente a numerosos artículos de sus colaboradores: Washburn, Aub, Britton, etc.

herramienta discursiva más que un factor determinante para su obra. Decir lo contrario requeriría una evidencia más concreta, que ninguno de los estudiosos de Cannon, como se ha visto, ha podido ofrecer todavía. Tal evidencia debería mostrar que Cannon ya manejaba el concepto de medio interno antes de establecer su teoría sobre la emergencia, pues es en ese momento cuando comienza a descubrir los procesos homeostáticos, o quizá una vez terminadas sus investigaciones sobre el shock. Para ello, se necesitaría algún dato, algún testimonio que probara que esos mecanismos que estaba estudiando eran por él interpretados desde la idea de medio interno de Bernard. Sin embargo, tal prueba no existe. En consecuencia, es razonable pensar que fueron sus estudios y experimentos los que le dieron las claves —en una cadena de enigmas surgidos casi por casualidad— para una formulación más amplia del concepto de homeostasis cuando su obra alcanzó la madurez necesaria. Pasamos a describir ahora aquellos elementos filosóficos de mayor relevancia que subyacen a la fisiología de Cannon.

5.2.2. Epistemología y teleología en la fisiología de Cannon

¿Cómo puede definirse, desde una perspectiva teórica, a los fisiólogos holistas? En general, podría decirse que desde un plano ontológico el organismo es concebido como un cuerpo en equilibrio (aunque en constante variación para poder garantizar la estabilidad) que resiste los cambios externos del medio ambiente y de su interior a través de los procesos homeostáticos. Desde el punto de vista epistemológico, sólo es posible estudiar seres vivos de una forma holista, es decir, pensándolos a partir de las ideas de organización e integración. Sólo se puede comprender su funcionamiento cuando se ve la interrelación que existe entre todas las partes del sistema biológico. También es decisiva la perspectiva metodológica, de la que se hablará un poco más adelante. En pocas palabras, persigue evitar la especulación, conseguir información a partir de la experimentación directa, en la que hay que introducirse a través de técnicas físico-químicas cuantificables. Pero a veces éstas encuentran limitaciones que deben sortearse. Por tanto, el aspecto simplemente mensurable no es el primario. Y finalmente, se reclama la necesidad de la formulación de hipótesis, que deberán ser sometidas a la comprobación experimental, para dirigir la investigación en una dirección precisa.

En su autobiografía, Cannon hace una serie de consideraciones sobre la fisiología holista y sobre la naturaleza teleológica de los organismos. Es interesante subrayar que en la última etapa de su vida deja constancia de una reflexión de índole más teórica o filosófica al respecto. Gracias a ello podemos tener la garantía de que Cannon era consciente de las diferencias entre los distintos enfoques en fisiología⁵⁷⁸: “En general, la investigación fisiológica se ha llevado a cabo en dos direcciones diferentes: una, buscando el análisis de las funciones, aislando órganos y tejidos para hallar la explicación física, química o físico-química de los procesos expuestos. La otra se dirige a la síntesis del funcionamiento de órganos y sistemas de órganos, atendiendo a su cooperación en el comportamiento del organismo como un todo.”⁵⁷⁹

Cannon comprende, al ser uno de sus principales representantes, que la segunda postura es la que mejor revela la verdadera naturaleza de los procesos fisiológicos. Al igual que Haldane o Henderson, sostiene que el conocimiento de los mecanismos del cuerpo sólo puede alcanzarse en su totalidad cuando se atiende a la relación que guardan los distintos sistemas entre sí, mediante un estudio de la cooperación compleja que se da dentro del organismo. Sin embargo, no es excesivamente crítico hacia la postura mecanicista, probablemente porque él mismo proviene de esta tradición y porque sus primeras investigaciones fueron realizadas bajo esta perspectiva. Su posición revela, además, que Cannon asume la idea de progreso dentro del desarrollo de la ciencia:

Sin embargo, debe reconocerse que sabríamos muy poco del trabajo del corazón y de los peculiares rasgos del músculo cardíaco, por ejemplo, si el corazón no se hubiera investigado de forma aislada. Fue necesario, en primer lugar, el aprendizaje sobre los procesos de partes separadas del organismo, para que después pudieran ser entendidas las acciones integradas del cuerpo como un sistema unitario.⁵⁸⁰

Aunque no llega a profundizar más en este asunto, puede presumirse que su postura sintoniza con la idea de un crecimiento del conocimiento científico que incluye la corrección del error. Además, existe evidencia de su familiaridad con la historia de la medicina (constantemente hace referencia a figuras como Aristóteles, Hipócrates, Pasteur, Fleming, Spallanzani, Semmelweis, Bernard y otros). En este sentido, Cannon

⁵⁷⁸ Cannon cita en algunos momentos a Haldane. Es muy probable que muchas de sus reflexiones sobre la naturaleza epistemológica de la corriente mecanicista y holista hayan surgido de la lectura de textos del fisiólogo inglés (aunque no se ha podido encontrar mayor evidencia que la señalada en el capítulo anterior).

⁵⁷⁹ Cannon, Walter B. (1965), p. 91.

⁵⁸⁰ *Ibid.*

concebía que los avances, en el caso de la fisiología, se han ido estableciendo por corrección de concepciones equivocadas, pero que son estas constantes correcciones las que ayudan a avanzar y enriquecer el conocimiento. “De hecho, vivimos en un mundo que no está determinado, ni es estático, ni finalmente inamovible. Presenta todo tipo de posibilidades de cambios, reajustes nuevos y sin precedentes. En consecuencia, la sabiduría aconseja mantener la mente abierta y receptiva, aceptando nuevos puntos de vista y los últimos avances.”⁵⁸¹ En el caso que nos ocupa, Cannon probablemente consideraba que la aportación mecanicista fue el paso previo para que la fisiología fuera considerada propiamente científica, pues la liberó de las corrientes especulativas del vitalismo. Una declaración que confirma esta idea se encuentra en la biografía de Bowditch que Cannon escribe como una memoria para la Academia Nacional de las Ciencias. En ella muestra su admiración por el laboratorio de Leipzig (y su fundador, Ludwig) que, como se ha repetido, fue el ejemplo a seguir por el instituto de Harvard y el lugar donde comenzó a extenderse la llama de la institucionalización de la fisiología y la concepción reduccionista: “Era sin duda [el laboratorio de Leipzig] el centro de investigación biológica más estimulante e interesante del mundo en ese tiempo.”⁵⁸²

Por otra parte, según se ha explicado, a medida que sus estudios lo hicieron necesario, él mismo evolucionó desde la fisiología mecanicista hacia la holista. Sin embargo, habría sido difícil defender las teorías que formuló si en algún momento no hubiese nacido en él una inclinación hacia la concepción teleológica del organismo. Tanto en biología como en las ciencias del comportamiento humano se han seguido usando nociones de carácter teleológico, como son los conceptos de propósito, función, tendencia o propensión. El uso de tales ideas e incluso el de la propia noción de finalidad no significa que se excluyan las relaciones causales. En más de un sentido, Cannon incorporó esta idea de finalidad a sus investigaciones. Cuando detectó que los movimientos peristálticos cesaban en el momento en que el animal era sometido a estados de mucha excitación, como el miedo, el dolor o la furia, intentó buscar una respuesta a este fenómeno, preguntándose por qué el cuerpo detiene esta función tan importante para el sustento de sí mismo. La respuesta no llegó rápidamente. Tuvo antes que descubrir la relación del sistema digestivo con las glándulas suprarrenales y el

⁵⁸¹ Cannon, Walter B. (1965), p. 77.

⁵⁸² Cannon, Walter B. (1922): *Henry Pickering Bowditch*, presentado en la *Academy of the Annual Meeting*, p. 185.

sistema nervioso para comenzar a construir una respuesta. Sus investigaciones le llevaron a encontrar fenómenos parecidos, en los que la adrenalina ocasionaba un cambio en la actividad fisiológica: por ejemplo, la liberación de azúcar del hígado, una mayor rapidez en la coagulación de la sangre o la recuperación inmediata de un músculo exhausto. En lugar de conformarse buscando una causa particular a cada uno de estos hechos, decidió formular una teoría que los englobara a todos y que tuviera su origen en la satisfacción de un fin de mayor alcance: luchar o huir para sobrevivir. Ambas situaciones demandan del cuerpo gran cantidad de energía, y todos los mecanismos que se activan persiguen salvaguardar ese objetivo. La *teoría de la emergencia* se nutre de una interpretación teleológica del organismo introducida en estos términos:

Mi primera creencia está basada en la observación, casi universalmente confirmada por el conocimiento actual, de que lo que pasa en nuestros cuerpos está directamente enfocado a un fin útil [...] El punto de vista de que los ajustes orgánicos producen un bienestar en el cuerpo, y consecuentemente son útiles, implica que estas actividades están dirigidas [a un fin]; esto quiere decir que las partes operan teleológicamente para el bien del conjunto completo de partes que conforman el organismo.⁵⁸³

Cannon sabía que una postura teleológica podía llegar a considerarse ajena al objetivismo científico, cuya característica principal es la fiel descripción de los hechos: “Se aleja del ‘cómo’ y entra en el ‘porqué’ y esto puede entrar en el campo de la especulación”⁵⁸⁴. Era consciente de que muchos científicos dudan antes de aceptar esta perspectiva. Sin embargo, no puede negarse que muchas de las respuestas que aparecen dentro del organismo están ligadas e integradas en otras actividades que las preceden. Esta cadena de respuestas que llevan a una meta, en esencia, está relacionada con un propósito. Cannon expuso su postura con ejemplos sencillos: cuando una miga entra en la laringe, hay impulsos nerviosos que pasan al cerebro y que a su vez mandan impulsos reflejos al diafragma y los músculos torácicos para ocasionar tos y que la miga sea expelida. “Las secuencias sensoriales y neuromusculares de la acción refleja no tienen ningún sentido, si no se considera su objetivo; o sea, no es posible explicar hacia dónde se dirige esta compleja acción, a menos que se ponga atención al fin.”⁵⁸⁵

⁵⁸³ Cannon, Walter B. (1965), p. 108.

⁵⁸⁴ *Ibid.*

⁵⁸⁵ Cannon, Walter B. (1965), p. 109. Ya se había recogido previamente esta declaración de Cannon ([nota 548](#)), pero se considera útil volver a citarla.

La homeostasis es un claro ejemplo de horizonte teleológico en la propuesta de Cannon. Su descubrimiento implicó la búsqueda de la finalidad por la que estos mecanismos homeostáticos se activaban para, a través de esa indagación, comprender la coordinación funcional en la que cada parte del proceso desempeña un trabajo de cara a la consecución de un fin. Para poder explicarlo, acude al papel fundamental que tiene el fluido matriz: “Fue el gran fisiólogo francés Claude Bernard el primero en sugerir que el importantísimo factor que consigue la estabilidad y mantiene los estados estables en el cuerpo es el medio interno, o lo que nosotros llamamos fluido matriz”⁵⁸⁶. Este fluido, como ya se ha comentado en el tercer capítulo, se identifica con la sangre y la linfa, que son fundamentales porque a través de ellas se transmiten no sólo los suministros a las células (líquido, sales, nutrientes, oxígeno, etc.), sino que son las vías por las que viajan también aquellos compuestos que activan los mecanismos estabilizadores. Cannon, a diferencia de Haldane, no tenía una formación filosófica y, sin embargo, fue quien concibió este tipo de procesos integradores de forma más definitoria a través del concepto de homeostasis. Cuando intentó explicar estos hechos desde una perspectiva teleológica, tuvo que acudir a la descripción de sus propias experiencias. Situaciones en las que la búsqueda de la finalidad de un proceso fue la clave para resolver los problemas con los que se encontraba; o sea: intentó indagar en la naturaleza de la actividad fisiológica a través de la siguiente pregunta: “¿Puede ayudar este concepto [la teleología] y ser fiable sugiriendo experimentos fisiológicos?”⁵⁸⁷. Para ejemplificarlo, volvió a los resultados de sus primeras investigaciones donde los movimientos digestivos se detenían cuando el animal sufría emociones fuertes. Cuando descubrió que la adrenalina era la responsable de este suceso y que también esta hormona causaba un incremento de azúcar en la sangre (esto es, liberaba el azúcar almacenada en el hígado), se preguntó por qué. Además, si la adrenalina tiene semejante efecto en estos cambios del organismo, ¿qué otros cambios origina? Así llegó a descubrir la función que posee en la coagulación de la sangre, en el restablecimiento de la vitalidad de un músculo agotado o en la redistribución de la sangre desde los vasos que irrigan los órganos abdominales hasta otros lugares como el corazón, los pulmones y el cerebro:

[...] era la interrupción de un proceso que no era esencial en una emergencia de vida o muerte y que usa ese suministro de sangre urgentemente necesario en otro lado. En esta

⁵⁸⁶ Cannon, Walter B. (1939), p. 37.

⁵⁸⁷ *Ibid.*

perspectiva teleológica, la detención de las actividades digestivas es sólo una pequeña parte de la situación general; si se detienen es porque la sangre necesaria para irrigar el estómago e intestinos es, por un momento, imprescindible en otros órganos en los que realmente se vuelve esencial para que pueda continuar la vida.⁵⁸⁸

Dicho con otras palabras, la explicación teleológica otorga al cuerpo “la sabiduría” de considerar que la suspensión momentánea del funcionamiento de ciertos órganos no le va a afectar de forma significativa. Es decir: en ciertos casos el organismo dispone de todos los suministros para favorecer aquel proceso de cuya efectividad, en una contingencia (normalmente una emergencia), dependerá la vida o muerte del individuo. El fin último de las actividades del cuerpo es garantizar su supervivencia y todos los procesos son necesarios para conseguir este fin. Dependiendo de las situaciones, unos son más importantes que otros. Por esta razón su funcionamiento variará según las circunstancias. La comprensión de tales procesos fisiológicos sólo puede conseguirse bajo una interpretación holista y teleológica: “Estos ajustes están tan arraigados en la constitución de los nervios de cada uno de nosotros, como lo están los reflejos simples. Pueden ser entendidos como ‘prospectivos’⁵⁸⁹ en el mismo sentido que el estornudar, toser o vomitar. Todos son respuestas para proteger [al cuerpo] contra un posible daño”⁵⁹⁰. Esta idea de procesos prospectivos incluye un concepto que será utilizado por la cibernética⁵⁹¹, pues cuando el propósito se cumple, se manda información para que la actividad compensatoria cese; actividad que en otro caso seguiría más allá de su meta, lo que también podría repercutir negativamente. De esto se hablará detenidamente un poco más adelante.

A lo largo de *The Wisdom of the Body*, Cannon enumera muchos procesos homeostáticos que muestran este aspecto holista y teleológico. Pero incluso dedica el capítulo IV (“Defensas naturales del organismo”)⁵⁹² a mostrar distintas actividades que protegen al organismo de peligros externos. “Hay muchos ajustes adaptativos, útiles o teleológicos que los organismos realizan.”⁵⁹³ Por ejemplo, cuando una persona se encuentra en un lugar que cuenta con poco oxígeno en el aire, los glóbulos rojos, que

⁵⁸⁸ Cannon, Walter B. (1965), p. 111.

⁵⁸⁹ Cannon los llama *purposive*, como si fueran un propósito en sí mismos o gozaran de esta cualidad. Se ha decidido usar *prospectivos*, porque se considera que este término puede sugerir el significado que quiere darle Cannon.

⁵⁹⁰ Cannon, Walter B. (1965), p. 111.

⁵⁹¹ El proceso de *feedback*, muchas veces traducido por *retroalimentación*.

⁵⁹² Cannon, Walter B. (1939), pp. 216-230

⁵⁹³ Cannon, Walter B. (1965), p. 111.

transportan oxígeno por la sangre, suelen aumentar en número; así que, aunque cada glóbulo vaya menos cargado de oxígeno, al ser más numerosos, la carencia se ve compensada. También pueden considerarse ejemplo de estos mecanismos los anticuerpos que luchan contra las bacterias o los virus.

Como regla general, cuando el organismo se ve expuesto a circunstancias tan dañinas, aparecen factores gracias a los cuales la organización se protege a sí misma y restaura el equilibrio trastornado. Nuestro centro de interés se enfocará a estas adaptaciones, por las cuales se logra la estabilización.⁵⁹⁴

Cannon consideraba que el diseño del cuerpo es tan sofisticado que, en cuanto se produce una pequeña alteración, se envían señales que activan mecanismos para que ésta no tenga una repercusión negativa en el organismo. Semejante previsión del cuerpo para iniciar una cadena de procesos con la finalidad de proteger o salvaguardar su estabilidad es otra muestra de su orden teleológico. Por esta razón, Cannon llamó a dicha serie de actividades “funciones correctoras”, es decir, procesos que corrigen una situación dañina. Algunas veces no son perceptibles porque las funciones correctoras se anticipan antes incluso de que la alteración sea notoria y que la situación pueda ocasionar perjuicios en el organismo. Pero es justo en esta anticipación, que pretende mantener la estabilidad antes de ser realmente necesario un restablecimiento, en la que Cannon encuentra el mayor grado perfección teleológica.

Una primera seguridad, de notable valor, ante las variaciones extensas en el estado del fluido-matriz, es la existencia de indicadores automáticos sensibles, o centinelas, cuya función es poner en acción los procesos correctores desde el momento inicial del trastorno. Si es el agua lo que falta, el mecanismo de la sed avisa antes de que haya ocurrido cambio alguno en la sangre, y la respuesta es beber. Si la presión sanguínea baja y peligra el aporte necesario de oxígeno, las delicadas terminaciones nerviosas de los senos carotídeos mandan sus mensajes a los centros vasomotores, y la presión asciende. Si la sangre vuelve al corazón en gran volumen debido a un vigoroso movimiento muscular, y pudiera por ello comprometer la función cardíaca y la circulación, también son afectadas delicadas terminaciones nerviosas cuyas señales alcanzan la aurícula derecha, apresurando el ritmo del corazón, lo que acelera el flujo de la sangre.⁵⁹⁵

Cannon vio en estos ejemplos una actividad cuyo objetivo es proteger al organismo incluso antes de que éste se encuentre en verdadero peligro. Por eso quiso

⁵⁹⁴ Cannon, Walter B. (1939), p. 287.

⁵⁹⁵ Cannon, Walter B. (1939), p. 288.

mostrar que dicha organización finalista del cuerpo funciona con tanta precisión que reacciona aunque no exista propiamente una amenaza. Además, con ellos mostró también que a través del conocimiento de esta organización teleológica se pueden entender tanto causas como consecuencias de los fenómenos fisiológicos. Por ejemplo, el hambre y la sed son sensaciones que resultan de la carencia de suministros importantes para la vida. Pero cuando se restablece el nivel adecuado de estas provisiones, dejan de estar presentes. Otra dimensión que Cannon observó en el organismo y que puede ejemplificar la eficacia de la finalidad orgánica es la morfología de ciertos órganos. Considera que la estructura y la función están inseparablemente relacionadas: “cuando una estructura es compleja, la función igualmente es compleja”⁵⁹⁶. Existen ciertos órganos que son sofisticados desde el punto de vista anatómico y esto normalmente conlleva también una complejidad funcional [...] cabe mencionar la “extraordinariamente compleja relación de células nerviosas en el córtex cerebral”⁵⁹⁷.

El sistema simpático adrenal es un sistema de este tipo. Una de sus funciones más interesantes es la de mantener la estabilidad del cuerpo, pero sobre todo la de impedir posibles trastornos. El sistema vela constantemente por evitar condiciones adversas, como pueden ser: la glucemia baja, la tensión sanguínea baja o alta, o el aumento y descenso de la temperatura. Para Cannon, el análisis fisiológico de este sistema será más fructífero si se tiene en cuenta que su acción va encaminada a un propósito, de forma tan efectiva que su respuesta dependerá de la intensidad del trastorno: “como sugerí en 1928, la aparición de estos aspectos dentro del complejo de las funciones simpático-adrenales es racional, si primero se considera el sistema como unitario en su conjunto; segundo, que es capaz de producir efectos en diferentes órganos; tercero, que entrando cada uno de sus efectos en diferentes combinaciones, su utilidad será diferente en correspondencia con las distintas condiciones de la necesidad”⁵⁹⁸. Aquí vuelve a ser importante resaltar que estos procesos correctores cesan su actividad en cuanto han alcanzado su propósito. Como se ha explicado en el capítulo tercero, Cannon comenzó, en su última etapa de investigación, el estudio de la mediación química de los impulsos nerviosos, que son la clave de la retroalimentación

⁵⁹⁶ Cannon, Walter B. (1965), p. 113.

⁵⁹⁷ *Ibid.*

⁵⁹⁸ Cannon, Walter B. (1939), p. 298.

(*feedback*) que controla esta activación y desactivación del proceso, una vez alcanzado el propósito. Sin embargo, la enfermedad que le acosaba,⁵⁹⁹ y que terminó quitándole la vida, le impidió entrar con mayor profundidad⁶⁰⁰ en este tema. Fue su discípulo Rosenblueth quien continuó dicha línea de investigación⁶⁰¹.

Cannon asumía toda esta perspectiva teleológica en dos sentidos: primero en su aspecto ontológico, pues consideraba que el cuerpo está diseñado con el fin de mantener su supervivencia y que los procesos que suceden dentro de él apuntan también a este fin⁶⁰². Y segundo, pero quizá más importante, desde un enfoque epistemológico, pues Cannon creía que la mejor forma de conocer un fenómeno fisiológico es preguntándose por su utilidad. El conocimiento más completo del organismo vendrá dirigido por la búsqueda de la finalidad de sus partes y procesos. En otras palabras, pensar en el fin último de un proceso ayuda a arrojar luz sobre el mismo.

¿Todo lo anterior quiere decir que Cannon podría apoyar la idea de un universo predeterminado teleológicamente? ¿Existe una inteligencia diseñadora? No puede negarse que el término “teleológico” conlleva connotaciones que proceden de la causa final tal como fue establecida por Aristóteles⁶⁰³. Cannon se alejó de esta postura, y aunque continuó empleando un lenguaje finalista, en realidad no concebía una causa

⁵⁹⁹ La dermatitis.

⁶⁰⁰ “Con Rosenblueth, suponía la existencia de dos ‘simpáticas’, una inhibitoria (I) y otra excitatoria (E) (esta última sería más tarde reconocida como noradrenalina)”. En Abate, Hugo (2007): *Walter B. Cannon y la “muerte vudú”: una exploración en las fronteras de la biomedicina*, tesis doctoral presentada en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires (UBA), p. 45.

⁶⁰¹ “Las investigaciones con Rosenblueth desembocaron en dos libros en coautoría [con Cannon], el primero de 1937, *Sistemas neuroefectores autónomos* (Cannon, Walter B.; Rosenblueth, Arturo (1937): *Autonomic Neuro-Effector Systems*, Macmillan, New York); el segundo se publicó en 1949, cuatro años después de la muerte de Cannon, *La supersensibilidad de las estructuras denervadas: una ley de la denervación* [Cannon, Walter B.; Rosenblueth, Arturo (1949): *The Supersensitivity of Denervated Structures: A Law of Denervation*, Macmillan, New York]”. En Abate, Hugo (2007), p. 45.

⁶⁰² Como se verá en seguida, es en el orden ontológico donde Cannon tenía ciertas reservas. Los hechos que ha analizado en los procesos del cuerpo le indicaban que existen ciertos mecanismos que no parecen obedecer a un fin favorable para el organismo, o bien que, de ser favorable, no parecen guardar relación con estados que velen por la supervivencia.

⁶⁰³ Aristóteles encuentra en la organización biológica la prueba más fehaciente de la finalidad de los fenómenos naturales. Los movimientos que se producen en la naturaleza siempre tienen lugar en razón de un fin. La sustancia y la forma son los conceptos básicos en Aristóteles. La sustancia no es susceptible de división homogénea y, por tanto, no cabe interpretarla desde una postura mecanicista o atomista al ser una unidad irreductible. Y la forma sirve de base teleológica que no permite una biología construida bajo la idea de un azaroso acontecer natural. Es el desenvolvimiento dinámico de la sustancia, siguiendo los dictados de la forma, lo que soporta el orden que percibimos de la naturaleza. “El organicismo es la gran apuesta ontológica de la biología aristotélica. *Forma y sustancia* son, en realidad, las categorías en que por primera vez el organicismo halla un soporte firme, articulado y preciso dentro de la tradición biomédica griega.” (González Recio, José Luis (2004), pp. 59-60.) La causa formal es la que dicta el camino que debe seguir en su desarrollo la materia. Ordena los elementos de la vida teleológicamente y los conduce a través de la complejidad orgánica que encontramos en los seres vivos.

dinamizadora al estilo aristotélico en los procesos orgánicos: “No he contemplado la idea de que el proceso implique una previsión inteligente que trabaje hacia un fin predeterminado.”⁶⁰⁴ Y aunque era una persona creyente, no dio cabida a asunciones teológicas en la idea de finalidad orgánica. Cannon fue un gran detractor de las explicaciones que encierran el uso de fuerzas o principios inverificables. Rechazó todo aquello que no tenía una explicación accesible a la observación, y por este motivo mostró ciertas reservas hacia la teleología metafísica. Para él, los fines en fisiología tenían que ver, ante todo, con aquellas actividades del organismo que aseguran su supervivencia, pues consideraba que esta capacidad “protectora” y adaptativa del organismo era un producto de la selección natural. ¿Cómo se podía justificar una actividad teleológica en aquellos procesos que no pretenden garantizar la supervivencia? Por otro lado, también observó que existen mecanismos cuya finalidad no parece ser favorable al cuerpo; como cuando, debido a una herida, el tejido traumatizado se inflama y esta hinchazón, además de dolor, puede llegar a causar fiebre, malestar general y, si se encuentra en un área donde la circulación se halla comprometida, puede causar necrosis del tejido circundante, lo que aumentaría la lesión⁶⁰⁵. Por tanto, la visión teleológica (integral y absoluta) de los organismos se enfrenta a ciertos hechos que pueden ponerla en duda y Cannon era consciente de ello: “A pesar de las inconsistencias, en cualquier caso, estoy convencido de que el concepto de utilidad y propósito tiene un significado sugerente en la investigación biológica y puede ser fructífero.”⁶⁰⁶

Con la evidencia que Cannon había recopilado hasta ese momento, las respuestas teleológicas tampoco podían ser asumidas sin reservas. Los procesos que no cuentan con un valor de supervivencia o aquellos mecanismos que parecen no trabajar a favor del organismo, le invitaron a concebir una postura finalista, en su dimensión ontológica, sólo de forma parcial. Consideraba que, por un lado, existen más hechos que muestran en el organismo una organización teleológica que aquellos otros que la descartan, pero al encontrar evidencias que juegan en contra de una teleología sin

⁶⁰⁴ Cannon, Walter B. (1965), p. 112.

⁶⁰⁵ En sus comentarios no lo menciona, pero el prurito que se siente en la piel a causa de una picadura de insecto o alguna patología dérmica invita al individuo a rascarse, lo que está completamente contraindicado para mejorar. Más adelante se hará mención de la enfermedad que sufrió Cannon y que puede relacionarse con estos mecanismos cuyos resultados son poco favorables para el cuerpo (ver nota 701).

⁶⁰⁶ Cannon, Walter B. (1965), p. 113.

restricciones, prefirió ser cauteloso. No obstante, sí consideró útil que el concepto de fin guiara la investigación y las explicaciones fisiológicas, dotándolo así de eficacia epistemológica: *nuestro conocimiento* de los sistemas biológicos requiere acudir a las ideas de objetivo o meta. Estudiar las funciones del cuerpo humano, preguntándonos por su finalidad, revelará mejor su naturaleza que cualquier otro tipo de aproximación. Esto quiere decir que sólo puede comprenderse un proceso fisiológico cuando es apreciado el trabajo en conjunto de las partes que interactúan en él y el fin al que va dirigido. Muestra de ello es su teoría de la emergencia, pues llegó a ella preguntándose por la razón de que la adrenalina activara ciertos mecanismos del cuerpo. La idea de una preparación del organismo para luchar o huir, lo que produce una alteración de sus funciones normales, se sostiene desde un enfoque teleológico y holista. Lo mismo puede decirse de los procesos homeostáticos.

La concepción teleológica del organismo no fue culminada en la obra de Cannon. De hecho, fueron su discípulo Arturo Rosenblueth⁶⁰⁷, junto con el famoso matemático Norbert Wiener, quienes abrieron las puertas a nuevas líneas de investigación, apoyándose en la naturaleza teleológica de algunos procesos definidos por Cannon, especialmente la homeostasis. “La estabilidad de los estados del cuerpo es ahora llamada homeostasis, una palabra presentada hace 70 años por el fisiólogo, Walter

⁶⁰⁷ En el capítulo dedicado al corpus fisiológico de Cannon se mencionó que Arturo Rosenblueth fue quizá el colaborador más apreciado por él. Rosenblueth tenía un carácter áspero que le hizo ganarse la enemistad de la comunidad universitaria de Harvard. Su personalidad arrogante, que subestimaba a compañeros y profesores a quienes llamaba “malditos médicos estúpidos” (*goddamn fool clinicians*), le creó una mala reputación. Sin embargo, Cannon e incluso Alexander Forbes (1882-1965, profesor de fisiología en la Escuela de Medicina de Harvard (y, gracias a la fortuna familiar, uno de los principales benefactores del departamento de fisiología de esta universidad) tenían una opinión muy distinta. De hecho, este último escribió una recomendación para nombrarlo miembro de la Sociedad Americana de Fisiología: “El Dr. Rosenblueth es uno de los más brillantes y productivos fisiólogos de este país, si no del mundo entero.” (Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000): *Walter B. Cannon, Science and Society*, Boston Medical Library, Boston, p. 476). Por su parte, Cannon escribió una carta donde expresaba su opinión sobre el fisiólogo mexicano: “Durante los cuarenta años que he trabajado en el Departamento de Fisiología, no he conocido a otro investigador que pueda compararse con el Dr. Rosenblueth en imaginación, en juicio crítico y en sentimiento artístico para la manipulación escrupulosamente cuidadosa y para el registro de los procesos fisiológicos. Ha aprendido también a escribir los trabajos con una notable exactitud de expresión. Además, el doctor Rosenblueth realiza el trabajo con excepcional precisión y economía de tiempo. El resultado ha sido toda una serie de descubrimientos fisiológicos, presentados con sobrio laconismo, en un número importante de publicaciones que no tiene paralelo en ningún laboratorio del país”. (Quintanilla, Susana (2002): “Arturo Rosenblueth y Norbert Wiener: dos científicos en la historiografía de la educación contemporánea”, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 7 (15), 306.) La otra gran figura de Harvard que admiró a Rosenblueth, y que recibió pistas de él para posteriormente desarrollar la cibernética, fue Norbert Wiener. Su primer libro *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas* (1948), está dedicado a Rosenblueth. Pero, además, compartieron una amistad que sólo concluiría en 1964 con la muerte de Wiener, justo antes de ir éste a dar unos seminarios a México en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) que dirigía Rosenblueth.

Cannon. Poco después, el ingeniero matemático Norbert Wiener introdujo el concepto de retroalimentación, que se convirtió en una de las ideas fisiológicas centrales para explicar cómo funciona la homeostasis.”⁶⁰⁸ Rosenblueth y Wiener, en colaboración con quien sería uno de los pioneros en ingeniería informática, Julian Bigelow (1913-2003), escribieron uno de los primeros artículos sobre cibernética, titulado *Behavior, Purpose and Teleology*⁶⁰⁹, que sentó las bases con las que más adelante Wiener construyó toda su fundamentación de la disciplina. En él intentaron definir el comportamiento direccional de los sistemas (ya fuesen seres vivos o máquinas), darle una clasificación y profundizar en la relación que la conducta guarda con el concepto de propósito. Para ello, comenzaron definiendo ciertos elementos que serán conceptos básicos no sólo para la cibernética sino para la posterior Teoría General de Sistemas. Algunos de ellos son el *output* y el *input*⁶¹⁰: “Dado un objeto, extraído parcialmente de su entorno para ser estudiado, el enfoque conductista consiste en el examen del *output* del objeto y de las relaciones de este *output* con el *input*. Por *output* se entiende cualquier cambio producido por el objeto en su entorno. Por *input*, a la inversa, se entiende cualquier evento externo al objeto que modifica a éste de cualquier manera”⁶¹¹. Sin embargo, tales conceptos, ya antes empleados por el conductismo, omitían la estructura específica de la organización interna del objeto mismo: “El principal objetivo es la organización intrínseca del ente estudiado, su estructura y propiedades; las relaciones entre el objeto y su entorno son meramente accidentales”⁶¹².

Para estos autores el comportamiento es visto como el cambio de un sistema con respecto a su entorno. Por consiguiente, el comportamiento en este caso proviene del objeto como un *output*, donde el *input* carece de importancia, a menos que esté claro que ese comportamiento esté producido por un específico y directo *input*. Por tal razón, es necesario hacer una clasificación del comportamiento, y un primer paso puede ser catalogar la fuente de energía, de tal manera que un comportamiento activo es aquel cuya fuente de energía proviene del mismo objeto, aunque éste se deba a una reserva obtenida a partir del *input*. El comportamiento pasivo, al contrario, es aquel cuya

⁶⁰⁸ Cooper, Steven J., (2008): “From Claude Bernard to Walter Cannon. Emergence of the Concept of Homeostasis”, *Appetite*, 51, p. 420.

⁶⁰⁹ Bigelow, J., Rosenblueth, A., y Wiener, N. (1943): “Behavior, Purpose and Teleology”, *Philosophy of Science*, vol. 10, issue 1, Jan., pp. 18-24.

⁶¹⁰ Dado que es aceptado en la Teoría General de Sistemas el empleo de estos términos en inglés, se han mantenido en este idioma.

⁶¹¹ Wiener, N., Rosenblueth, A., y Bigelow, J. (1943), p. 18. La cursiva es nuestra.

⁶¹² *Ibid.*

energía llega del entorno al objeto a través de un *input* directo (como arrojar al objeto) o aquel cuyo *input* se mantiene externo y es aprovechado por el objeto (como cuando un ave extiende sus alas para que el viento la haga planear). Dentro del comportamiento activo también encontraron una subdivisión, según: a) ese comportamiento cuente con un propósito o b) carezca de él y simplemente sea azaroso. Cuando se habla de *propósito*, según estos autores, parece entenderse que existe “actividad voluntaria”⁶¹³. Sin embargo, este concepto en realidad se refiere a un problema fisiológico.

Cuando realizamos una acción voluntaria lo que seleccionamos voluntariamente es un propósito específico no un movimiento específico. O sea, si decidimos tomar un vaso con agua y llevarlo a nuestra boca, no mandamos la orden a ciertos músculos para que se contraigan en cierto grado y en una determinada secuencia; tan sólo fijamos el propósito y la reacción surge de forma automática.⁶¹⁴

Como puede apreciarse, la influencia de Cannon está latente en el enfoque de los tres autores. Para él, el automatismo de los procesos fisiológicos es la clave principal de su sofisticada y sorprendente funcionalidad. En ella se expresa su carácter teleológico. No en los términos de una causa final en sentido esencialista, pero sí como cadena de procesos con estados terminales aparentemente definidos y específicos que mantienen la estabilidad del organismo —es el caso de los procesos homeostáticos— o que lo preparan ante una contingencia —como en el caso de su teoría de la emergencia—. Ésta es la versión que Cannon ofrece de la teleología. Aun así, Rosenblueth, Wiener y Bigelow penetran en el concepto de propósito con mayor profundidad. Ellos encontraban equivocada la idea de que las máquinas incorporasen un propósito, pues veían ejemplos claros en los que aunque una maquinaria tuviera un objetivo, no podía decirse que el propósito fuera intrínseco a ella. Por ejemplo, un reloj cuyo objetivo es dar la hora, pero que en realidad no es más que un mecanismo que mueve las manecillas: al reloj le es indiferente dar una hora correcta o no. Sí encontraban en ciertas máquinas lo que podría considerarse un propósito, como un torpedo teledirigido que muestra un comportamiento definido hacia un objetivo concreto. En cualquier caso, concluyeron que el concepto de propósito era muy vago y que requería de una definición más específica. Por tanto, propusieron la división entre procesos: a) que tengan retroalimentación (*feedback*), es decir, que sean teleológicos o b) que no tengan

⁶¹³ *Ibid.*

⁶¹⁴ Wiener, N., Rosenblueth, A., y Bigelow, J. (1943), p. 19.

retroalimentación (*non feedback*), y por tanto que sean no-teleológicos. “La retroalimentación es negativa [en los procesos teleológicos], ya que las señales del objetivo son usadas para restringir los *output* que de otra forma irían más allá del objetivo”⁶¹⁵. Esto es justo lo que pasa con los procesos homeostáticos descritos por Cannon. Cuando sobreviene la carencia de algún elemento, el organismo la combate para darle respuesta, pero hasta un punto, porque de continuar sin medida habría un exceso de ese elemento causando otro daño. Por eso, los procesos homeostáticos son un claro ejemplo de sistemas con retroalimentación (o sea, *teleológicos* en el sentido en que emplean el término estos autores). Por el contrario, aquellas acciones que no cuenten con una retroalimentación no pueden alcanzar el cumplimiento del objetivo que, por tanto, no influye en la modificación de la actividad. En el artículo se agregan otros conceptos, como puede ser el de comportamiento predecible o no predecible⁶¹⁶, que básicamente se refieren a la capacidad del objeto de modificar su actividad anticipándose a un posible cambio del *output*. Dentro del comportamiento predecible, también existen una serie de órdenes de predicción (primero, segundo...); el ser humano es el que cuenta con más órdenes de predicción.

La última reflexión que hacen es de suma importancia, pues está muy relacionada con la actitud de Cannon. Wiener, Rosenblueth y Bigelow sabían que dentro del conductismo y de la fisiología, el término “teleología” había sido denostado, ya que permanecía unido al concepto metafísico de causa final y, por ende, era opuesto al determinismo mecanicista que tanto defendía la ciencia. Por eso intentan desligar su versión de la teleología del concepto de causa final, mostrando que la idea de *propósito* puede ayudar a comprender o analizar mejor las raíces e implicaciones del comportamiento sin vincularse a una posición metafísica.

De acuerdo con esta definición delimitada, la teleología no se opone al determinismo, sino a lo no-teleológico. Ambos sistemas, el teleológico y el no-teleológico, son deterministas cuando el comportamiento que se estudia pertenece a la esfera en la que actúa el determinismo.⁶¹⁷

Como se habrá apreciado, el trabajo de estos tres autores se concretó tan sólo en una serie de reflexiones sobre el comportamiento y en tratar de definir aquél que es en esencia teleológico. Sin embargo, en él se encuentran sólidos elementos que ayudaron a

⁶¹⁵ *Ibid.*

⁶¹⁶ Wiener, N., Rosenblueth, A., y Bigelow, J. (1943), p. 20.

⁶¹⁷ Wiener, N., Rosenblueth, A., y Bigelow, J. (1943), p. 24.

la posterior constitución de la *cibernética* de Wiener⁶¹⁸. Lo relevante para nuestro trabajo es que la definición de los procesos homeostáticos que hizo Cannon fue el comienzo de las líneas de investigación que llevaron, en efecto, a la *cibernética*, la teoría de sistemas y otros marcos teóricos donde la información y el control son fundamentales: “Una diferencia definitoria de la fisiología de la última parte del siglo XIX frente a la ciencia de la última parte del siglo XX (incluyendo especialmente la neurociencia), es la transición desde la consideración somera de un control biológico al entendimiento de la transmisión de información a través de los sistemas de control.”⁶¹⁹ Más tarde, no fue propiamente Cannon sino su discípulo Rosenblueth quien siguió contribuyendo a la *cibernética*. De hecho, su aportación debió de ser muy significativa, como se aprecia al leer la dedicatoria que Wiener escribió: “a ARTURO ROSENBLUETH, compañero durante muchos años en la ciencia.”⁶²⁰ Pero es más adelante, en la introducción a su libro, donde Wiener detalla la activa colaboración que obtuvo de Rosenblueth durante el alumbramiento de las ideas principales que le llevaron a sistematizar su propuesta teórica:

Este libro es el resultado, después de más de una década, de un programa de trabajo emprendido conjuntamente con el Dr. Arturo Rosenblueth, entonces de la Escuela de Medicina de Harvard y ahora del Instituto Nacional de Cardiología de México. En aquellos días, el Dr. Rosenblueth, que fue colega y colaborador del fallecido Dr. Walter Cannon, dirigió una serie de reuniones mensuales donde se discutía sobre el método científico. La mayor parte de los participantes eran jóvenes científicos de la Escuela de Medicina de Harvard y nos reuníamos para cenar haciendo mesa redonda en Vanderbilt Hall. [...] Era una catarsis perfecta para las ideas medio cocidas, para la autocrítica insuficiente, la exagerada confianza en sí mismo y la pomposidad. Los que no podían soportar el arpón ya no volvían, pero entre los habituales a estas reuniones hay más de uno de nosotros que piensa que fueron una contribución importante y permanente a nuestro desarrollo científico.⁶²¹

Y continúa más abajo describiendo la necesidad de una perspectiva interdisciplinar:

⁶¹⁸ Wiener y Rosenblueth colaboraron en otro artículo donde se reflexiona en torno a los modelos científicos y su interpretación del universo y sus acontecimientos. Un texto filosófico de interés, pero que queda fuera de los objetivos perseguidos en este trabajo: Rosenblueth, A., Wiener, N. (1945), “The Role of Models in Science”, *Philosophy of Science*, vol. 12, n.º 4, pp. 316-321.

⁶¹⁹ Cooper, Steven J., (2008): “From Claude Bernard to Walter Cannon. Emergence of the Concept of Homeostasis”, *Appetite*, 51, p. 425.

⁶²⁰ Wiener, N. (1961): *Cybernetics: or the Control and Communication in the Animal and the Machine*, The MIT Press, Cambridge, p. v. La traducción es de Miguel Mora Hidalgo en Wiener, N. (1971): *Cibernética, o el control y la comunicación en el animal y la máquina*, Guadiana de publicaciones, Madrid.

⁶²¹ Wiener, N. (1961), p. 1.

El Dr. Rosenblueth ha insistido siempre en que la exploración adecuada de esos espacios en blanco del mapa de la ciencia sólo se puede realizar por un equipo de científicos, cada uno especialista en su propio campo pero poseyendo un conocimiento muy completo y disciplinado de las especialidades de sus vecinos, y habituados todos al trabajo en equipo, conociendo las costumbres intelectuales de cada uno y reconociendo la importancia de la sugerencia nueva de un colega antes de haber decidido cuál sea la expresión definitiva. [...] El fisiólogo no necesita ser capaz de probar un determinado teorema matemático, pero debe serlo para captar su significado fisiológico y decir al matemático cómo debiera enfocarlo. Hemos soñado durante años con una institución de científicos independientes que trabajen en equipo en una de estas regiones apartadas de la ciencia, no como subordinados a un alto ejecutivo, sino unidos por el deseo, que es ciertamente la necesidad espiritual, de comprender la región elegida como un todo y mostrarse recíprocamente la fuerza para tal comprensión.⁶²²

Finalmente, aunque Wiener hace muchas más referencias al trabajo realizado con Rosenblueth, quizá lo más interesante a resaltar es su colaboración en el establecimiento mismo del término “cibernética”:

Así, pues, hace cuatro años el grupo de científicos alrededor del Dr. Rosenblueth y yo había llegado a conocer la unidad esencial de la serie de problemas que se centraban en la comunicación, el control y la mecánica estadística, bien en la máquina, bien en el tejido viviente. Por otro lado, encontramos muchos obstáculos por la falta de unidad de la literatura concerniente a estos problemas y por la ausencia de terminología común [...] Después de muchas consideraciones [...] nos hemos visto forzados a acuñar al menos una terminología artificial neogriega para llenar el vacío. Hemos decidido llamar a toda la materia referente al control y teoría de la comunicación, ya sea en la máquina o en el animal, con el nombre *Cibernética*, que procede del término griego κυβερνητική o *timonel*.⁶²³

Por otro lado, también surgieron estudios que complementarían esta diferenciación entre la nueva teleología y la idea de causa final en sentido clásico. Ya se ha subrayado que en las ciencias de la vida existe un lenguaje finalista del que difícilmente se pueden alejar las explicaciones. Por esta razón, durante el siglo XX se han mantenido los esfuerzos por dar una solución al problema de la finalidad, del que parece difícil desprenderse cuando se habla de sistemas biológicos. Se han generado nuevas propuestas, a las que probablemente Cannon se hubiese adherido, como es la sustitución del concepto de teleología por el nuevo término: teleonomía⁶²⁴: “El

⁶²² Wiener, N. (1961), p. 2.

⁶²³ Wiener, N. (1961), p. 11.

⁶²⁴El término *teleonomía* fue acuñado por el biólogo francés Jaques Monod (1910-1976): “Todo artefacto es un producto de la actividad de un ser vivo que expresa así, y de forma particularmente evidente, una de las propiedades fundamentales que caracterizan sin excepción a todos los seres vivos: la de ser objetos dotados de un proyecto en sus *performances* [...] En vez de rechazar esta noción (como ciertos biólogos han intentado hacer), es por el contrario indispensable reconocerla como esencial para la definición

finalismo de las cuestiones biológicas no puede negarse, y de ese modo su explicación como resultado de la selección ofrece una solución a un enigma que se arrastraba desde Aristóteles. Para evitar confusiones entre la antigua y la nueva, los biólogos prefieren abandonar el antiguo término de *teleología*, que todavía tiene un sabor escolástico aristotélico, y sustituirlo por el de *teleonomía*⁶²⁵. Como se ha visto, Cannon rescató la mirada teleológica como una herramienta útil para dar contestación a los fenómenos fisiológicos, pero quería alejarse de las ideas que no estuvieran avaladas por el método científico/experimental que él practicaba —y del que hablaremos más adelante—. Su concepción de la teleología no es equiparable a la causa final aristotélica o a ideas teológicas sobre un diseño divino. Tiene que ver con las propiedades que aparecían en la naturaleza del organismo, que cuenta con una serie de mecanismos cuyo objetivo (para no usar la palabra finalidad) es mantener la estabilidad y el bienestar general del cuerpo (y en última instancia la vida). También es cierto que Cannon atendió especialmente a los aspectos epistemológicos, pues indagar la naturaleza de estos mecanismos bajo una perspectiva teleológica ayuda a encontrar mejores vías de explicación, sustituyendo la pregunta referida al cómo por la centrada en el porqué, que, según hemos comprobado anteriormente, es la propuesta de Cannon para desentrañar el verdadero funcionamiento de la actividad fisiológica.

Antes de finalizar este apartado, es pertinente hacer algún comentario más sobre el entorno teórico y filosófico de Cannon. En el capítulo anterior se han presentado las teorías de otros autores: Haldane, Henderson y Whitehead. Pudo analizarse sus aportaciones al organicismo y comprobar que también tenían una concepción

misma de los seres vivos. Diremos que éstos se distinguen de todas las demás estructuras de todos los sistemas presentes en el universo por esta propiedad que llamaremos *teleonomía*.” (Monod, Jaques (1970): *El azar y la necesidad: Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*, Tusquets Editores, Barcelona, p. 20). Una definición que procura conciliar el determinismo y la teleología: “La piedra angular del método científico es el postulado de objetividad de la Naturaleza. Es decir, la negativa sistemática a considerar capaz de conducir a un conocimiento “verdadero” toda interpretación de los fenómenos dada en términos de causas finales, es decir de “proyecto”. [...] La formulación, por Galileo y Descartes, del principio de inercia, no fundaba sólo la mecánica, sino la epistemología de la ciencia moderna, aboliendo la física y la cosmología de Aristóteles. [...] Postulado puro, por siempre indemostrable, porque evidentemente es imposible imaginar una experiencia que pudiera probar la *no existencia* de un proyecto, de un fin perseguido, en cualquier parte de la naturaleza. [...] La objetividad sin embargo nos obliga a reconocer el carácter teleonómico de los seres vivos, a admitir que en sus estructuras y *performances* realizan y prosiguen un proyecto. Hay pues ahí, al menos en apariencia, una contradicción epistemológica profunda. El problema central de la biología es esta misma contradicción, que trata de resolver si es que sólo es aparente, o de declararla radicalmente insoluble si así es verdaderamente.” (Monod, Jaques (1970), p. 30).

⁶²⁵ Montalenti, Giovani, (1983): “Desde Aristóteles hasta Demócrito”, en Ayala, F.J., Dobzhansky, T. (eds.), *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*, Ariel, Barcelona, p. 33.

teleológica del organismo. No obstante, existen algunas diferencias fundamentales entre la concepción de la teleología propia de Cannon y la de estos otros autores. Para comenzar, en el caso de Whitehead, y hasta cierto punto también en Haldane (en su faceta filosófica), se lleva a cabo una descripción inarticulada, inanalizable, del fondo teleológico que acompaña a sus respectivas teorías organicistas. Ambos desdeñan, por un lado, las fuerzas vitales; y, por otro, la investigación meramente mecanicista, pues saben que la ciencia ha superado ambas visiones. Sin embargo, su propuesta de orientación teleológica no brinda una base en la cual la ciencia pueda apoyarse para seguir ofreciendo frutos. Aunque su discurso está en concordancia con las ideas de Cannon, lo cierto es que sus conclusiones terminan extraviándose en un terreno estéril, que poco se diferencia de la especulación de los vitalistas o de los *Naturphilosophen*. Por otro lado, como fisiólogos, Henderson y Haldane sí consiguen analizar y describir ciertos procesos: en el caso de Henderson, el mantenimiento del pH de la sangre y, en el de Haldane, los índices de compensación de la respiración. Esto quiere decir que consiguen mostrar concretamente la naturaleza direccional e interrelacionada de dichos procesos. Sin embargo, sólo se refieren a una serie de funciones muy específicas, por lo que no consiguen proporcionar los elementos que permitan una generalización más amplia de la naturaleza compleja e integrada del cuerpo. Cannon, en cambio, mediante su noción de *homeostasis*, logra definir de forma integral los procesos fisiológicos, revelando su naturaleza teleológica (en el nuevo sentido); pero, además, los describe de forma sistemática, penetrando en su raíces físico-químicas y en sus redes de control (entre ellos menciona la amortiguación de la sangre, los índices de compensación de la respiración y muchos otros) a través de ejemplos concretos. De este modo, dejó de centrar su atención en la estabilidad del medio interno, que está caracterizado por una relativa constancia (siempre considerando que el estado “normal” no es un estado “estático”), para detallar aquellos factores que controlan o intervienen en el mantenimiento de las condiciones de estabilidad del organismo. Dicho de otra manera, una vez concebida la idea general (la homeostasis), se dedicó a estudiar funciones concretas con el fin de justificar su teoría y revelar el carácter teleológico y holista de las mismas. Consiguió, así, que sus líneas de investigación pudieran ser prolongadas por la fisiología futura. La siguiente cuestión que debe abordarse es ¿hasta dónde prolongó esta perspectiva teleológica?

5.2.3. *El organismo como modelo ético de la organización social*

En este apartado se expondrá la propuesta de Cannon según la cual era posible aplicar la idea de homeostasis a la comprensión de la dinámica social; un aspecto que tenía la intención de desarrollar desde el momento en que publicó *The Wisdom of the Body*. En una carta dirigida a Wallace Brett Donham (1877-1954), decano de la Escuela de Negocios de Harvard, Cannon escribió lo siguiente: “Me parece posible que los mecanismos de estabilidad que se usan en el cuerpo fisiológico puedan ser aplicables también al cuerpo político”⁶²⁶. Por esta razón, dedicó el epílogo del libro a exponer su interpretación de la sociedad y el beneficio que ésta podría obtener si intentara organizarse inspirándose en los procesos homeostáticos. Aunque este trabajo está centrado en los aspectos epistemológicos y metodológicos de la fisiología de Walter Cannon, es interesante hacer alguna alusión a la propuesta ética que la acompaña.

Ya desde la introducción de *The Wisdom of the Body* anticipa al lector que “quizá un estudio comparativo mostraría que cada organización compleja debe tener ajustes eficaces, más o menos automáticos, para poder prevenir el freno de sus funciones o la rápida desintegración de sus partes cuando es sometido a estrés”⁶²⁷. Estas organizaciones complejas podían identificarse con la sociedad. Adelanta de esta manera que su idea consistía en hacer del organismo un modelo de la forma en que debería estructurarse el cuerpo social, cuyo objetivo último sólo encuentra sentido en la responsabilidad de luchar contra lo que el propio Cannon llamaba “los verdaderos enemigos de la humanidad: la guerra, la ignorancia y la enfermedad”⁶²⁸.

Para poder explicar su analogía, antes hay que entrar en ciertos aspectos de la actividad fisiológica. Además, hay que puntualizar lo que significaban aquellos mecanismos fisiológicos según Cannon y la relación que encontraba entre ellos y la evolución de las especies. Para él, los procesos homeostáticos son una clara cualidad adaptativa que han alcanzado los organismos de jerarquía más elevada a través del tiempo. Para empezar, sabe que estos ajustes homeostáticos no se encuentran en todas las especies. Todos sus ejemplos y explicaciones hacen referencia a mamíferos, aunque sabe que algunas aves también los comparten. Por otro lado, existen animales que,

⁶²⁶ Albury, R. William y Cross, Stephen J.: “Walter B. Cannon, L.J. Henderson and the Organic Analogy”, *Osiris*, Ed. The History of Sciences Society, 1987, vol. 3, p. 171.

⁶²⁷ Cannon, Walter B. (1939), p. 25.

⁶²⁸ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 125.

como los anfibios y los reptiles, son más dependientes del medio ambiente. Estos últimos no son capaces de regular su temperatura, y por ello su actividad va estrechamente ligada al entorno en que habitan. Cannon concluyó que gracias a este tipo de funciones, tan definitorias de ciertas especies, los organismos han evolucionado hasta convertirse en seres de mayor complejidad y más alta organización: “La prueba de que la homeostasis en los mamíferos es producto de un proceso evolutivo (porque sólo gradualmente en la evolución de los vertebrados se ha podido adquirir la estabilidad del fluido matriz) nos la da su paralelismo con el desarrollo de los individuos”⁶²⁹. Esto quiere decir que la historia de un individuo encierra la historia de la especie o, dicho en otras palabras, que la ontogenia es un resumen de la filogenia. Para clarificar la idea, puso el ejemplo de un feto cuyos procesos homeostáticos están ligados a los de la madre que lo lleva en su interior. Una vez nacido, en la etapa de lactante, va adquiriendo lentamente el control homeostático, que previamente no había tenido que usar por no haber necesitado enfrentarse a cambios externos: “De siempre es conocido el hecho de que un recién nacido expuesto al frío muestra poquísima capacidad para mantener constante su temperatura”⁶³⁰. Incluso Cannon llega a sugerir que es la experiencia que los organismos adultos han atesorado a través de su vida la que ayuda a desarrollar de manera tan eficaz su plasticidad homeostática. Esto en cuanto a los individuos; en cuanto a las especies, sostiene la idea de que estos procesos son producto del tiempo adaptativo: “Los medios para mantener el equilibrio en el organismo son el resultado de la experiencia de miríadas de generaciones, y han triunfado durante este largo período preservando un notable grado de estabilidad en las sustancias altamente inestables de que estamos compuestos.”⁶³¹

¿Son realmente los procesos homeostáticos un eslabón superior en la escala evolutiva? Es muy probable que Cannon observara a sus gatos simpatectomizados para contestar a esta pregunta. Estos gatos podían vivir perfectamente en un laboratorio durante muchos años. Sin embargo, cuando se les sometía a condiciones extremas, sus organismos no resistían estas alteraciones del medio (cambios drásticos de temperatura, reducción de oxígeno, fatiga muscular; incluso podían trastornarlos emociones como el miedo, la furia o el dolor). Eran animales que podían vivir, crecer y moverse, pero al no

⁶²⁹ Cannon, Walter B. (1939), p. 301.

⁶³⁰ *Ibid.*

⁶³¹ Cannon, Walter B. (1939), pp. 303-304.

contar con el sistema simpático —el rector de los procesos homeostáticos— sus reacciones frente al medio ambiente se veían mermadas e incluso ciertas alteraciones podían conducirlos a la muerte. Dicho en otras palabras: habían perdido la autonomía y libertad que brinda esa estabilidad flexible del medio interno que en los organismos elevados es sostenida por la homeostasis. Para Cannon, tales procesos homeostáticos han permitido a ciertos animales llegar al eslabón evolutivo en el que se encuentran.

En capítulos anteriores me he apoyado en Claude Bernard, en el énfasis ante el hecho de que no vivimos en la atmósfera que nos rodea. Estamos separados de esta atmósfera por una capa de células muertas o por una película de mucosa o solución salina. [...] Con una clara visión, Claude Bernard vio que la preservación de la constancia es la condición para una vida libre e independiente.⁶³²

Esto quiere decir que los seres humanos (y otros organismos superiores) llevan encima su propio sistema térmico, su sistema de reservas de alimentos, líquidos, etc., de tal forma que si en el exterior estos factores cambian, el organismo puede seguir manteniendo cierta independencia de los agentes externos. Dicha independencia se consigue a partir de las variaciones homeostáticas, y esta condición con la que cuentan ciertos organismos se puede traducir en la adquisición de libertad. Una vez hecha la anterior reflexión, Cannon cambió de rumbo y se centró en la siguiente pregunta de índole teleológica: ¿esta libertad para qué sirve? La respuesta le llevará más allá del mundo fisiológico. Pero primero, para poder entender su propuesta, hay que analizar la aparición de la conciencia. Cannon consideraba que los procesos homeostáticos, al permitir cierta autonomía respecto al medio externo, colaboran en el surgimiento de la conciencia en algunos organismos. Dentro del ellos, el ser humano es el que mejor manifiesta esa cualidad. “Esta libertad es apreciada en las actividades elevadas del sistema nervioso y de los músculos que éste gobierna. Por medio de la corteza cerebral sostenemos nuestras relaciones inteligentes con el mundo que nos rodea.”⁶³³ Aunque no llegó a expresarlo de esta forma, dentro de su apreciación de la escala evolutiva Cannon parece pensar que en los organismos vivos hay una disposición para la inteligencia desde el momento en que existe una libertad o independencia que los permite hacerse dueños de su entorno; por ejemplo, con la depredación: de tal forma que en algunos grupos de mamíferos sólo sobreviven aquellos que tienen mejores capacidades para

⁶³² Cannon, Walter B. (1939), p. 263.

⁶³³ Cannon, Walter B. (1939), p. 302.

cazar. En la depredación hay indicios de inteligencia y, por tanto, de un sistema nervioso más desarrollado. Otro ejemplo más es su teoría de la emergencia, según la cual el organismo está preparado para hacer uso de su libertad a través de la lucha o huyendo de un peligro. Esta preparación será mejor aprovechada gracias al uso de la inteligencia. De alguna manera los organismos han evolucionado para ser cada vez más independientes y libres de su entorno y su máxima expresión es el ser humano, cuya inteligencia lo ha liberado con eficacia del medio que le rodea. “En resumen, tenemos el organismo liberado para los trabajos complicados y socialmente importantes, porque vive en el fluido matriz, el cual automáticamente conserva condiciones constantes.”⁶³⁴

Esta interpretación que hace sobre la libertad en el organismo será la base para su propuesta ética. Cannon vio en esta libertad fisiológica del ser humano el fundamento de todas sus relaciones con el mundo externo y con otros individuos. Comenzó a sopesar una idea que provenía de la existencia de la autorregulación de los organismos (los procesos homeostáticos) y que quiso llevar al ámbito social. Se preguntó si “podemos servirnos de ellos [los principios estabilizadores] para examinar otras formas de organización social, industrial o doméstica, a la luz de la organización del cuerpo”⁶³⁵. De este modo, creyó en la aplicabilidad de la homeostasis orgánica al estudio de ciertas condiciones, relaciones o estructuras sociales.

En primer lugar, trazó una analogía sobre el funcionamiento de las células dentro del cuerpo: aun siendo unidades individuales que brindan su energía al organismo formando un conjunto, cada una debe obtener su sustento a través del suministro de nutrientes para que “de manera delicada y adaptada, sin excesos ni escaseces, [vayan] tomando y devolviendo en la medida justa”⁶³⁶. Por este motivo, aunque su organización y colaboración es la que brinda a los órganos su efectividad, lo cierto es que cada una de ellas intenta conservar su propia estructura. No obstante, “si las células crecen formando masas, aparece el fenómeno de la división del trabajo”⁶³⁷. Esto quiere decir que las células se disponen y diferencian en su estructura dependiendo de los órganos que atiendan; de esta forma cada una de ellas tiene una actividad especializada. Y son los órganos los que, con ayuda del fluido matriz, distribuyen y transportan el sustento a estas unidades especializadas para mantener una adecuada provisión. Es el fluido matriz

⁶³⁴ Cannon, Walter B. (1939), p. 303.

⁶³⁵ Cannon, Walter B. (1939), p. 305.

⁶³⁶ Cannon, Walter B. (1939), p. 307.

⁶³⁷ *Ibid.*

el que simplifica esta tarea de suministro: “Mientras esta constancia se conserva, las diferentes clases de células de los distintos órganos son libres de utilizar su tiempo en sus funciones especializadas. La existencia del fluido matriz es, por tanto, el primer requisito para una organización compleja de las unidades vivientes”⁶³⁸. Para Cannon, este control centralizado ayuda a velar por la economía del cuerpo, ya que reduce las necesidades de los distintos agentes que rigen de forma separada los diversos órganos. Sin embargo, tal suministro y defensa tiene como consecuencia, a su vez, la correcta función de las partes especializadas, lo cual garantiza el bienestar del conjunto. Por tanto, es una relación estrechamente recíproca.

A partir de este punto Cannon propone su analogía organicista respecto de la sociedad. Para él los individuos primitivos vivían libres y eran como los organismos unicelulares que toman del mundo externo sus suministros. De esta forma, los primeros hombres dependían en gran medida de su entorno y estaban completamente expuestos a los cambios que acontecieran en él. Es en el momento en que los individuos comienzan a organizarse en grupos más amplios de personas cuando dejan de depender exclusivamente del medio externo. Esta unión de individuos es parecida a lo que sucede con las células cuando constituyen órganos. Cada una de esas personas tiene una función especializada, de tal forma que un mecánico puede trabajar para una industria, pero no podría cultivar también sus alimentos, extraer el combustible de su vehículo o hacerse sus vestidos. Así, otras personas de esa comunidad, especializadas en diversas tareas, le abastecerán, al igual que el mecánico ofrece su actividad: “Igual que en el cuerpo fisiológico, en el cuerpo político el todo y las partes son mutuamente dependientes: el bienestar de cada uno de sus miembros individuales es recíproco”⁶³⁹. Así como el cuerpo hace una gestión de sus suministros (agua, oxígeno, sales, azúcar, etc.), así el organismo económico tiene que hacer una gestión del uso de sus actividades para estabilizar la economía de una nación.

Su comparación no se detiene en este aspecto. Por ello era importante explicar la concepción evolutiva que Cannon tiene de los organismos, cuyo alto nivel de organización, obtenido a lo largo de un cúmulo de generaciones, les ha permitido disfrutar de los mecanismos homeostáticos. Dado que los mamíferos son los seres en los que se encuentra este tipo de procesos sofisticados y que en otras especies inferiores no

⁶³⁸ Cannon, Walter B. (1939), pp. 308-309.

⁶³⁹ Cannon, Walter B. (1939), p. 310.

se perciben, Cannon se planteó el siguiente interrogante: “¿No sería posible que, al igual que ocurre con los animales inferiores, la organización social se encuentre en un estado rudimentario de desarrollo?”⁶⁴⁰. Para él, los procesos homeostáticos han llegado al grado de eficacia que muestran gracias a un largo proceso evolutivo. De igual manera, pensaba que la organización social ha ido desarrollándose de forma más eficaz a lo largo del tiempo, pero sigue estando en un estadio inferior del que podría alcanzar. “Pudiese ser que la sociedad civilizada cuente con algunos de los requerimientos para alcanzar la homeostasis, pero le faltan otros, y por esta carencia tiene que sufrir aflicciones serias, pero evitables”⁶⁴¹.

Cannon lleva su analogía entre la organización biológica y la organización política a sus últimas consecuencias. Para ello tiene que equiparar la situación de un individuo con la de una célula especializada, pues al igual que ésta última, una persona tiene que trabajar para colaborar con su comunidad. Un hombre, como unidad elemental de su sociedad, necesitará suministros indispensables. Algunos de ellos, como es el agua, se le facilitan. Sin embargo, también tiene otras necesidades tan importantes como son para las células el oxígeno o las sales. En el caso del individuo podrían señalarse la vivienda, el vestido, la calefacción y la asistencia médica. Si una persona no tiene acceso a semejantes bienes, su condición se verá muy perjudicada (al igual que podría pasar con la célula si careciera de ciertas sustancias). Ya se ha explicado que en el organismo vivo es el fluido matriz el que suministra todos los elementos necesarios a las células, por tanto, se pregunta: “¿Qué factor en la sociedad civilizada corresponde a este aspecto de nuestros ajustes orgánicos?”⁶⁴²

Cannon equiparó el fluido matriz con dos factores: primero, y por su sentido funcional, con el Estado o nación, principalmente por ser el generador de los medios de distribución a través de su red de vías, caminos, ríos, mares, etc. (estos a su vez los compara con las venas y arterias que transportan la sangre y la linfa). Segundo, con el dinero o el crédito, que es la forma general mediante la que un individuo consigue aquellos bienes que precisa para subsistir. Se ha dicho que una persona necesita de vestido, alimentos, techo, calefacción y asistencia médica. Pues bien, estos elementos deben ser proporcionados de forma constante y esta situación debe variar dependiendo

⁶⁴⁰ Cannon, Walter B. (1939), p. 312.

⁶⁴¹ Cannon, Walter B. (1939), pp. 312-313.

⁶⁴² Cannon, Walter B. (1939), p. 313.

del nivel de necesidad específica de cada individuo: “La estabilidad la representa una retribución constante del trabajo individual, trabajo por el cual se producen mercancías cambiables, y por el cual se paga un salario suficiente al trabajador para conseguir las cosas necesarias que requieran él, y las personas que dependan de él.”⁶⁴³. Pero es muy importante puntualizar que para Cannon no es posible un verdadero paralelismo con el organismo si no se tienen en cuenta las constantes variaciones a las que está sometido un ser vivo. “A la luz de las experiencias biológicas, la estabilización social debe aspirar, no a un sistema social rígido y fijo, sino a unas condiciones industriales y comerciales adaptables, que aseguren la satisfacción continuada de las necesidades humanas.”⁶⁴⁴ De tal manera que cuando la industria se vea afectada debido a catástrofes naturales —inundaciones, incendios, etc.—, o al desarrollo de la tecnología—creación de una máquina que sustituye el trabajo de cientos de trabajadores—, el organismo político deberá procurar una adaptación de las provisiones para poder garantizar la adecuada supervivencia de cada uno de los miembros de la sociedad.

Siguiendo la comparación, Cannon demostró que el aspecto más importante es la estabilidad del sistema, por delante de otros factores que podrían considerarse fundamentales para la sociedad: “El organismo nos hace pensar que la estabilidad es de una importancia primordial, más incluso que la economía”⁶⁴⁵. El cuerpo elimina ciertos suministros que son fundamentales para su existencia cuando éstos pueden causar una desestabilización del sistema. Por ejemplo, cuando existe un exceso de azúcar, el organismo la expulsa, aunque sea una medida contraria a su economía. De hecho, muchas de las acciones más extremas del cuerpo —como, por ejemplo, temblar cuando hace mucho frío para mantener la temperatura corporal— se dan si las condiciones reguladoras previas ya han fracasado. Es entonces cuando el cuerpo hace un gran dispendio de energía para obtener reservas y mantener la estabilidad. Sin embargo, todas las actividades homeostáticas (la capacidad pulmonar, la frecuencia cardiaca, la presión sanguínea, etc.) no están pensadas bajo premisas económicas, sino en previsión de tener que disponer de ellas para demandas mayores a las habituales. La gran sofisticación del organismo vivo lleva a que, apenas se esbozan los primeros síntomas de un trastorno, la homeostasis comienza su actuación. “Este tipo de señales de alerta

⁶⁴³ Cannon, Walter B. (1939), p. 315.

⁶⁴⁴ *Ibid.*

⁶⁴⁵ Cannon, Walter B. (1939), p. 317.

son poco conocidas en el organismo social y por eso su descubrimiento y la demostración de su valor real serían para la ciencia social contribuciones de una importancia primordial.”⁶⁴⁶

Las ideas de Cannon están en sintonía con las teorías socioeconómicas que surgieron después del Crack del 29 en Estados Unidos⁶⁴⁷. Cannon veía necesaria cierta intervención que garantizara unos recursos mínimos para cada ciudadano y así conseguir una estabilidad de toda la sociedad. Bajo esta perspectiva es normal que sus reflexiones se centren en un elemento, que al igual que ocurre dentro del organismo vivo, sea el regulador automático de todas las variaciones que puedan suceder en una población: “¿No podría este órgano, en previsión de trastornos sociales, tener el poder de limitar la producción de mercancías, hasta lograr un razonable ajuste entre las demandas y las ofertas? ¿No podría tener el poder de almacenar ciertos bienes que pudieran ser utilizados en tiempos de crisis? ¿No podría poseer la capacidad de disponer de mercancías para tenerlas en reserva en los tiempos de carestía del empleo?”⁶⁴⁸.

Se ha dicho que para Cannon la homeostasis, que permite la independencia y la libertad al ser humano, es producto de la evolución: “El estudio del desarrollo de los organismos nos indica que los procesos automáticos, gracias a los cuales se mantiene fijo el ambiente interno, son el resultado de largos periodos de existencia, posiblemente con una verdadera selección experimental hecha de errores y correcciones”⁶⁴⁹. Bajo esta suposición, Cannon confiaba en que la sociedad llegaría a conseguir ese automatismo que permitiría una variación adaptativa constante (de la industria, el empleo, la productividad) y que mantendría a la sociedad estable en su conjunto. Pero tampoco quería que hubiese una coacción de la libertad económica o que la política económica viese mermada su acción por estos mecanismos autónomos. Más bien quería asegurar que existiese un mínimo de garantías para cada individuo y que así consiguiese la libertad para ejercer con efectividad sus funciones (como ocurre con las células). O sea,

⁶⁴⁶ *Ibid.*

⁶⁴⁷ Cross y Albury hacen un estudio pormenorizado de estas ideas sociales de Cannon y su contexto: “Los historiadores de la cultura americana han remarcado, entre la rica variedad de ideas sociales de la década de 1930, la creciente preocupación por la ‘comunidad’ y solidaridad del grupo en contraste con el ‘individualismo’ de la década anterior.” (Albury, R. William, Cross, Stephen J. (1987), pp. 167-168.). Sin embargo, en este trabajo se considera que no es necesario entrar tan en detalle en la repercusión que tuvieron las ideas de Cannon; ideas que al parecer fueron rechazadas en décadas posteriores por guardar relación y semejanza con el comunismo, tan perseguido en Estados Unidos durante la Guerra Fría.

⁶⁴⁸ Cannon, Walter B. (1939), p. 318.

⁶⁴⁹ *Ibid.*

que hay que prestar atención a aquellos errores de distribución de los bienes en la sociedad: “Como un lord canciller de Inglaterra declaró, mereciendo la aprobación del Tribunal Supremo de Justicia de Estados Unidos, ‘los hombres necesitados no son, hablando con veracidad, libres’”⁶⁵⁰. Aunque los sistemas automáticos parecen encerrar la paradoja de coartar la libertad natural de la economía, en realidad Cannon creía que eso debía ser sacrificado para garantizar que cada unidad del organismo social pudiera ser libre para colaborar en el bienestar del conjunto.

En resumen, la cadena de la evolución ha brindado a los organismos superiores los procesos homeostáticos para ser libres y autónomos respecto del medio ambiente. Más tarde este desarrollo consiguió que emergiera la inteligencia en los seres humanos, que les brindó aún más libertad (y control sobre su entorno): “Los individuos resultan libres de su esclavitud, libres para entablar agradables relaciones con sus congéneres, libres para disfrutar de las cosas bellas, para explorar y conocer las maravillas del mundo, para desarrollar nuevas ideas e intereses y para trabajar y jugar a salvo de las preocupaciones de las funciones corporales”⁶⁵¹. De alguna manera se sugiere que los organismos han evolucionado para ser cada vez más independientes y libres de su entorno y la máxima expresión es el ser humano cuya inteligencia le ha brindado una libertad más completa. El análisis ético que hace Cannon surge de la idea de libertad. Sin embargo, al igual que sucede en los organismos vivos, cree que esa libertad es producto de un control adecuado y automático de suministros, que hace a los individuos independientes del mundo externo. Es este control del que las sociedades actuales carecen, no pudiendo ser del todo libres. Por eso considera que las personas deberían poder acercarse al momento evolutivo en que no tengan que preocuparse por el sustento mínimo que garantice su actividad (alimento, casa, calefacción) y en el que sean todavía más libres para seguir desarrollándose:

Sólo con el factor estabilizador de la sociedad se tiende a equilibrar, tanto física como mentalmente, a los miembros del organismo social, de tal forma que también se les asegure una mayor libertad, dándoles serenidad y comodidad, que son las condiciones principales para un recreo completo, para el descubrimiento de un satisfactorio *milieu*⁶⁵² social y para fomentar el disfrute de las aptitudes individuales.⁶⁵³

⁶⁵⁰ Cannon, Walter B. (1939), p. 323.

⁶⁵¹ *Ibid.*

⁶⁵² La cursiva y el francés es de Cannon, pues hace referencia al *milieu intérieur* de Bernard.

⁶⁵³ Cannon, Walter B. (1939), p. 323.

5.2.4. Metodología y fisiología experimental en Walter Cannon

Como se ha comprobado, Cannon veía en los estados estables del cuerpo la colaboración funcional de todos los componentes que lo conforman. Cada parte incide en otra con el fin de mantener estable la actividad del organismo. Este nivel de complejidad que puede observarse en ciertas especies es el resultado de una cadena evolutiva. Por tanto, y teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, puede decirse que Cannon es claramente holista y defensor de la teleología, pero ¿qué puede decirse de su enfoque metodológico? Para dar respuesta a esta pregunta hay que atender a la concepción que tenía de la investigación experimental.

La investigación fisiológica que Cannon practicó puede ejemplificar el rigor experimental según lo entendemos en la actualidad. Pensaba que para conocer los fenómenos había que someterlos a observación controlada. Por esta razón, mantenía que es justamente la observación el primer eslabón de la labor experimental: “En su imaginación, ellos [los investigadores] ven un posible hecho y se proponen averiguar si su previsión puede realizarse”⁶⁵⁴. Así es como comienza lo que llamó la “aventura” de la investigación. Sin embargo, consideraba que, si bien la observación de un fenómeno puede ayudar a conseguir conocimiento, la investigación fisiológica debe tener un papel activo. Esto significa que es necesario someter el fenómeno a una serie de pruebas que ayuden a descifrar su carácter:

Se puede solamente observar los eventos naturales tal como ocurren o se pueden establecer las condiciones para que esos eventos aparezcan, desaparezcan o se modifiquen cuando lo decidamos [...] El primer método es puramente observacional, mientras que el segundo es experimental. El método experimental, en el que las condiciones son sometidas a control es el principal rasgo diferenciador de la ciencia moderna.⁶⁵⁵

Esta reflexión es parecida a la que Bernard expone en su *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, donde diferencia la naturaleza de una observación activa y otra pasiva. El investigador interviene desde una *idea directriz* e intenta hacer aparecer aquellos fenómenos que no se ofrecen previamente ante su vista. En el primer capítulo se ha hecho referencia a que Bernard pone de ejemplo al fisiólogo norteamericano William Beaumont para ilustrar la actitud pasiva de ciertas

⁶⁵⁴ Cannon, Walter B. (1965), p. 23.

⁶⁵⁵ Cannon, Walter B. (1965), p. 32.

observaciones (véase p. 43). Considera que Beaumont no tenía una verdadera intención experimental, sino que simplemente se debió al azar el hecho de encontrarse ante un paciente con una fístula en el vientre causada por un disparo. Así tuvo la posibilidad de observar los distintos procesos del aparato digestivo, analizar el jugo gástrico y examinar a voluntad la mucosa gástrica. En ese sentido, Walter Cannon, al igual que Bernard, entendía que la verdadera investigación fisiológica no podía conformarse con la observación de las funciones orgánicas en condiciones normales, sino que dichas funciones deben ser estudiadas en aquellas otras condiciones que el investigador, de forma controlada, recrea o altera. Este examen del organismo en circunstancias normales y después bajo condiciones controladas es lo que ayuda al fisiólogo a obtener una serie de datos que le permitirán comprender las causas del fenómeno investigado. Un ejemplo muy significativo en Cannon fue el estudio que realizó sobre los animales simpatectomizados: “Una vez puesto el énfasis en la importancia del sistema simpático, o en los mecanismos simpático-adrenales, me propongo describir la fisiología de los animales a los que Newton, Moore y yo les extirpamos esta parte del sistema nervioso autónomo”⁶⁵⁶. Gracias a la extirpación del sistema simpático, pudo comparar los efectos que tenían sobre los gatos la temperatura, el estrés o el agotamiento muscular, con los registrados en aquellos otros animales que mantenían el sistema intacto. Fue dicho experimento el que le ayudó a comprender y demostrar la función que cumple este sistema en el organismo y su relación con los procesos homeostáticos:

Como acabamos de hacer constar, el más sorprendente aspecto de la función desempeñada por el aparato simpático-adrenal es su aplicabilidad a toda línea de posibles trastornos. Es verdaderamente notable que esta norma de acción unificadora pueda ser igualmente útil en circunstancias tan diversas como la glucemia baja, la tensión sanguínea baja y el descenso de la temperatura.⁶⁵⁷

Para explicar las diferencias entre el método observacional y el experimental, ponía el ejemplo de un campo de trigo. En él se puede estudiar el crecimiento del cereal a partir de una cuidadosa observación de su entorno natural o bien se puede trasladar el trigo a un lugar donde el calor, el frío, la oscuridad, el viento, la gravedad y los nutrientes puedan examinarse individualmente, de tal forma que se pueda mantener el control de cada uno de ellos y alterarlos a conciencia. Sobre todo, porque la labor del

⁶⁵⁶ Cannon, Walter B. (1939), p. 268.

⁶⁵⁷ Cannon, Walter B. (1939), p. 298.

científico, para Cannon, es someter cualquier hecho a una prueba: “Una persona indagadora, en lugar de aceptar inmediatamente una explicación como verdadera, prefiere ponerla a prueba”⁶⁵⁸. Para ello es necesaria una práctica que permita aislar o controlar las condiciones del experimento.

Por otro lado, no es en el único aspecto en el que la metodología experimental de Cannon coincide con la de Bernard. Para aquél, la hipótesis es el eslabón creativo que hace fructífera una investigación. No es posible recrear las condiciones controladas de un experimento si antes no se ha pensado en una posible causa del fenómeno fisiológico. ¿Cómo podría someterse una función que ha sido observada en condiciones normales a una alteración experimental —y así establecer la comparación— si previamente no se ha pensado en la causa que ayudará a escoger esa condición controlada sobre otras? Puede parecer que el plantear hipótesis en la investigación fisiológica conduce a una especulación incontrolada. Existieron autores que defendían esta postura. Uno de ellos fue Magendie que, al igual que hicieran otros fisiólogos del siglo XIX, huyendo de las especulaciones románticas y vitalistas, veía en las hipótesis una amenaza al conocimiento positivo (con clara influencia de Comte): “Magendie, que se entiende a sí mismo como un inductivista, rechaza explícitamente este modo de proceder y entiende que el mérito de su obra consiste, precisamente, en estar libre de hipótesis y supuestos no obtenidos directamente de la experiencia. Claude Bernard se aleja en este punto de su maestro y otorga a las hipótesis un papel imprescindible en el desarrollo del método experimental”⁶⁵⁹. La postura bernardiana fue asumida por otros fisiólogos, entre los que hay que destacar a los miembros de la escuela reduccionista alemana. Como ya se ha explicado repetidas veces en este trabajo, Carl Ludwig fue la cabeza del grupo con el que se identificó Henry P. Bowditch, profesor de Cannon.

Para Cannon, las hipótesis tienen un papel protagonista dentro de las investigaciones fisiológicas. Un fenómeno debe ser abordado proyectando una idea de la causa que lo produce. En este sentido comparte las cualidades de los “poetas y artistas” que ejercitan una interpretación creativa. Un trabajo que, por otro lado, no es nada sencillo y requiere mucha reflexión y la consideración de varias posibles explicaciones del mismo fenómeno: “Para conseguir el progreso es muy importante,

⁶⁵⁸ Cannon, Walter B. (1965), p. 32.

⁶⁵⁹ Escarpa Sánchez-Garnica, D. (2004): *Filosofía y biología en la obra de Claude Bernard*, tesis doctoral, Universidad Complutense, Madrid, p. 242.

como en un cuento de hadas, ‘el hacer la pregunta apropiada’⁶⁶⁰. Esta capacidad de inventiva tenía para Cannon una doble vertiente: por un lado, la formulación de una hipótesis que ayude a encaminar los pasos de la investigación en una dirección; por otra, diseñar aquellas condiciones controladas que servirán a la meta de la prueba. “En ambas etapas debe mantenerse un actitud escéptica que equilibre [o compense] el entusiasmo imaginativo.”⁶⁶¹ De no mantener este equilibrio, se puede llegar a ser extremadamente crítico con las posibles explicaciones de un fenómeno (prever de forma exagerada obstáculos, encontrar dificultades de interpretación del fenómeno resultante del experimento, etc.) y no dar el paso a la experimentación, lo que finalmente lleva a la improductividad. Por otra parte, si no se tiene una actitud crítica, esto puede llevar al investigador a perder el tiempo o a formular meras especulaciones que pongan en duda su rigor científico.

Hay que ser creativos en las pruebas que se realizan, pero también escrupuloso y cuidadoso a la hora de confirmarlas, para que no vayan más allá de los datos que ofrecen los hechos en sí mismos. Al someter una teoría a los hechos se debe primar siempre la honestidad: “[...] hay que estar listos para abandonar una teoría en el momento en que los hechos son adversos a ella”⁶⁶². Cannon, además, considera que hay muchas formas de extraviarse en una investigación científica y por eso hace un resumen de los errores más comunes que comete un investigador cuando acude a la experimentación. Los ejemplifica con su propia experiencia:

1. **El error de la suposición no probada:** consiste en asumir ciertos hechos sin haberlos sometido antes a prueba, lo que puede llevar a dar por válido un error. En consecuencia, se produce una interpretación equivocada de los fenómenos. Cannon ejemplifica este error con el caso de la controversia que mantuvieron los investigadores de Harvard y los de Cleveland (véanse pp. 152-157). Estos últimos vieron un incremento en el ritmo cardíaco una vez aplicada la técnica del corazón denervado y obstruidas las glándulas suprarrenales, cuando estimulaban los nervios simpáticos distribuidos en los órganos abdominales.

⁶⁶⁰ Cannon, Walter B. (1965), p. 33.

⁶⁶¹ *Ibid.*

⁶⁶² Cannon, Walter B. (1965), p. 34.

Esta estimulación causa un incremento en la presión sanguínea. Asumieron que el incremento del ritmo cardíaco se debía al cambio que sobrevinía después de dicha estimulación. No comprobaron esta suposición. Si lo hubieran hecho, se habrían dado cuenta de que dentro de un amplio rango el corazón denervado es indiferente a los cambios de presión sanguínea. Por esta suposición errónea, se extraviaron.⁶⁶³

2. **Error por un examen incompleto:** consiste, principalmente, en no tener la suficiente paciencia para asegurarse de que una prueba ha sido efectuada con rigor y constancia. Muchas veces, en el momento en que se obtienen los primeros resultados, los científicos se conforman con ellos. De continuar sus investigaciones, verían que las pruebas no son concluyentes o que más adelante muestran un error⁶⁶⁴. Un ejemplo de ello lo encarnaron los investigadores de Harvard cuando, bajo la guía de Cannon, estudiaban la acetilcolina (una sustancia que aparece al final de las terminaciones nerviosas cuando éstas se encuentran activas y que hace que el músculo se contraiga). Si el nervio se estimula frecuentemente, aparecen signos de fatiga muscular, ocasionando una falta de respuesta que se explica por una reducción en la cantidad de acetilcolina en la terminal nerviosa que da lugar a la falta de contracción:

Mis colegas repitieron el experimento hasta que la fatiga muscular se hizo evidente y el músculo no se contrajo más. En este punto es donde los investigadores anteriores llegaron a la conclusión de que era el momento final y que la fatiga máxima se había alcanzado. Sin embargo, si se continúa estimulando, sorprendentemente reaparecen contracciones musculares de nuevo y la respuesta se incrementa gradualmente hasta alcanzar un punto en el cual, en apariencia, sin signos de fatiga se llega a una acción casi igual a la del inicio de la estimulación.⁶⁶⁵

Esto implicaba que la producción de acetilcolina volvía a emerger, pero hacía falta llevar el experimento a término. En palabras de Cannon, el error se debió a

⁶⁶³ Cannon, Walter B. (1965), p. 120.

⁶⁶⁴ Cannon también ejemplificó este error con el problema de la generación espontánea estudiada en el siglo XVIII. Especialmente a través de la polémica entre el clérigo londinense John Toberville Needham (1713-1781) y Lazzaro Spallanzani (1729-1799). Needham introdujo en una botella caldo de carne y la selló con un corcho, para después calentarla con el fin de eliminar todo tipo de animáculas, encontrando que al cabo de unos días la botella estaba plagada de estos diminutos organismos. Para él, este hecho probaba la existencia de la generación espontánea. Esto a Spallanzani no le convenció y pensó que Needham cometía el error de no sellar bien la botella. Después de probar lo primero, se propuso dejar muchas horas al fuego el caldo de la botella sellada. Al cabo de los días no se habían formado organismos dentro de la botella. Fue la paciencia de Spallanzani, llevando el experimento a sus últimas consecuencias, lo que le dio la razón: “Es decir, Spallanzani posee una singular pericia para emplear el razonamiento experimental. Maneja con destreza notable los recursos que tiene para dialogar con los hechos” [González Recio, José Luis (2004), p 174.]

⁶⁶⁵ Cannon, Walter B. (1965), p. 37.

que “ciertos hechos significativos no fueron detectados porque los procedimientos experimentales o las observaciones se dieron por terminadas muy pronto”⁶⁶⁶.

3. **Error por omitir la variable de control:** la variable de control es un estándar de comparación utilizado para comprobar la inferencia realizada a partir de un experimento. “Un lema que debería respetarse con reverencia por aquel investigador que introduce nuevos elementos en sus experimentos y por todos los lectores de los artículos de experimentación compleja es ‘*cherchez le contrôle*’.”⁶⁶⁷ Casi todos los experimentos de Cannon cumplen esta regla. Desde sus primeros estudios sobre los movimientos gástricos, hizo pruebas en distintos tipos de animales. Además, comenzó una serie comparativa, entre animales en condiciones normales y animales sometidos a estrés, para probar su hipótesis frente a las aparentes anomalías en el cese de los movimientos peristálticos. Así comprendió que la suspensión de los movimientos se debía al estado de excitación del animal (ésta no se producía cuando el animal se encontraba relajado). Otro ejemplo significativo fue la comparación que dio lugar al descubrimiento de la homeostasis: comparación entre animales simpatectomizados y “normales”.
4. **Descuido de múltiples causas:** este error se comete cuando el experimentador suprime la intervención de uno de los agentes que se encuentra activo en un proceso. Al notar que tal proceso continúa, llega a la conclusión de que el agente en realidad no debe estar implicado en el proceso. “Nuestro cuerpo tiene varias formas de alcanzar el mismo fin. Temblar, por sí mismo, puede prevenir la caída de la temperatura del cuerpo, pero eso no prueba que otros factores que no han sido considerados en dicha intervención sean en realidad inútiles.”⁶⁶⁸ Un ejemplo próximo a Cannon fue su exploración sobre las distintas funciones de la adrenalina en la activación de ciertos mecanismos del cuerpo, entre ellos la obtención del azúcar almacenado en el hígado. Cuando se extirpan las glándulas suprarrenales y se observa que la concentración de azúcar en la sangre se mantiene, se puede llegar a la conclusión equivocada de que la adrenalina no desempeña una función

⁶⁶⁶ Cannon, Walter B. (1965), p. 121.

⁶⁶⁷ Cannon, Walter B. (1965), p. 122 (he dejado la expresión en francés como la emplea Cannon).

⁶⁶⁸ Cannon, Walter B. (1965), p. 126.

importante en este proceso, lo que en realidad “es un caso de descuido de múltiples causas”⁶⁶⁹. Es cierto que el azúcar puede ser descargado desde hígado de muchas maneras, “pero nunca con la velocidad y eficiencia que puede apreciarse cuando la adrenalina actúa.”⁶⁷⁰

Estos cuatro errores son los más sobresalientes, aunque también menciona otros como el error por fallo técnico, el de formular conclusiones injustificadas, el descuido de los detalles, y la repetición de experimentos ya realizados (por falta de conocimiento de la literatura sobre ese ámbito de estudio). “De los muchos tipos de error que pueden llegar sigilosamente a los procedimientos experimentales, he considerado e ilustrado unos pocos que me han parecido los más importantes.”⁶⁷¹

Sin embargo, aunque han quedado claras las cuidadosas exigencias de Cannon respecto a la investigación experimental, todavía no se ha contestado a la pregunta sobre si su metodología podría considerarse comprometida con el holismo. Se ha expuesto que tanto la posición epistemológica como metodológica que acompaña a sus primeros estudios sobre los movimientos digestivos puede ser entendida efectivamente como mecanicista. ¿Se puede decir lo mismo de otras posteriores investigaciones? Su postura comienza a ser entonces holista y ello afectará también a su posición metodológica de una forma sutil, pero determinante. Los mecanicistas se caracterizan por el empleo de técnicas físico-químicas; por el uso de aparatos de medición que ofrecen este tipo de datos (físicos y químicos); por intentar, a través de la experimentación, descifrar las causas de los procesos investigados; por su rigor en el empleo de datos cuantitativos; y, finalmente, por la búsqueda de evidencia a través de hechos de experiencia que se alejen de la especulación. Desde esta perspectiva, parecería que Cannon utilizó una metodología similar a la mecanicista. Sin embargo, sí existe una concepción distinta en cuanto al manejo de lo cuantificable en los experimentos holistas.

Cannon nunca hubiera negado la necesidad de ser riguroso en el registro de datos que pudieran ser expresados de forma cuantificable y ordenada. De hecho, fue un gran promotor de este requisito: “Tengo el placer de comentar una regla general en la que he insistido y que ha recibido la aprobación de mis compañeros cuando aprendieron

⁶⁶⁹ *Ibid.*

⁶⁷⁰ *Ibid.*

⁶⁷¹ Cannon, Walter B. (1965), p. 129.

su valor: cada gráfica de registros de un experimento debe ser tan perfecta que pueda servir para su publicación”⁶⁷². No obstante, se dio cuenta de que los fenómenos biológicos no son siempre, necesariamente, cuantificables y predecibles, como pasa en la investigación física o química. Hay ciertos procesos que conllevan un intrincado sistema de relaciones que obligan al investigador a buscar alternativas al registro cuantificable. En este sentido, se alejó de la postura reduccionista al entender que aunque un método no lleve del todo a la cuantificación, eso tampoco quiere decir que no merezca atención: “Este tipo de esnobismos intelectuales ya no son justificables pues hay campos muy importantes de investigación en que las matemáticas, como un modo de expresión, no son aplicables”⁶⁷³. Y cita más adelante a G.N. Lewis: “ ‘No tengo paciencia con aquellos que intentan identificar ciencia con medida, que es tan sólo una de sus herramientas, o con una definición del científico que excluya a Darwin, a Pasteur o a Kekule’. A estos se les podrían agregar Harvey, Virchow, Pavlov, Sherrington y muchos otros”⁶⁷⁴.

Existe, a su vez, un aspecto fundamental dentro del concepto de homeostasis que es la concepción del organismo como un sistema abierto. Esto quiere decir que se halla en constante interacción con el entorno y que se modifica en función de los cambios que acontecen en el ambiente que le rodea. Por tal razón empleó el término “homeo”, que viene del griego *ὅμοιος* *homoios*, y que quiere decir *similar*; y no “homo” (*ὅμο*, *homo*), que significa *igual*. Es decir, que un atributo fundamental de estos procesos es que no son estáticos sino dinámicos, relativos o cambiantes. Por ese motivo, Cannon consideraría que se trata de procesos que sólo pueden entenderse como fisiológicos, y no como meramente físico-químicos. Es verdad que en ellos intervienen factores físicos y químicos, pero no dejan de ser tan complejos, que la fisiología sólo debe emplear técnicas físico-químicas como una herramienta de análisis, sin quedar reducida en ningún caso a estas disciplinas.

Por consiguiente, debe concluirse que Cannon selecciona ciertos elementos de la metodología reduccionista, pero renuncia a ellos si el experimento que realiza lo requiere. Y muchos de los fenómenos que estudió demandaron este alejamiento. No obstante, es innegable que se apoyó en datos cuantificables, utilizó técnicas físico-

⁶⁷² Cannon, Walter B. (1965), p. 93.

⁶⁷³ Cannon, Walter B. (1965), p. 36.

⁶⁷⁴ *Ibid.*

químicas, empleó aparatos de medición fiable⁶⁷⁵ y, muy especialmente, no aceptó ningún tipo de evidencia sin haberla puesto a prueba a través de la experimentación. Se alejó, en consecuencia, de la especulación y atendió sólo a lo corroborable: “¡... podemos estar seguros de que el efecto no se debe a la magia! Debe contar con una explicación observable”⁶⁷⁶. Cabe decir, en consecuencia, que extrajo de la metodología legada por sus maestros los principales requerimientos experimentales con que trabajó, pero dado que ciertos problemas que estudió eran sumamente complejos, tuvo que renunciar en algunos momentos a la extracción de datos matemáticos, sin creer que esto era un perjuicio para sus investigaciones. Cannon procuró que existiera el mayor grado de cuantificación posible, pero algunos de los fenómenos que estudió se escapaban a ese propósito. Por ejemplo, en sus estudios sobre el hambre, cuando él mismo examinaba los sonidos de su tracto digestivo con la ayuda de un estetoscopio (véanse pp. 131-132) o cuando pidió a su alumno y colaborador Arthur Washburn (de quien conocía que podía vomitar a voluntad) que se tragara un globo atado a un tubo de tal forma que se pudiera inflar desde el exterior: “[... Washburn] se sentaba de espaldas al quimógrafo y se inflaba el balón. Cada vez que él sentía una contracción en su estómago por hambre presionaba un botón y la contracción se grababa y clasificaba.”⁶⁷⁷ En este caso, se hace patente la intención por registrar datos cuantificables. Sin embargo, éstos se basaban en una sensación [el hambre que Washburn sentía a lo largo del día de experimentos] que podría considerarse fuera de los parámetros medibles. Lo mismo podría decirse de los estudios que realizó sobre las emociones. En algunos de ellos sometía a sus animales de experimentación a pruebas de estrés, como eran los ladridos de perros o la asfixia, para luego comprobar la liberación de adrenalina que en estos estados se producía. El registro de datos en este caso era similar al obtenido en el ejemplo de Washburn, pues se sometía a los gatos a un tiempo de asfixia o a la presencia de los perros, luego la adrenalina se medía a través de distintas técnicas que sí podría considerarse que contaban con un alto nivel de precisión (más adelante se detallarán algunas de estas técnicas). Sin embargo, los efectos emocionales de la asfixia o el miedo son tan sólo

⁶⁷⁵ En el siguiente apartado de este capítulo se expondrán las aportaciones de Cannon a la institucionalización de la fisiología experimental y se describirán los aparatos por él inventados (como el aparato para medir el tiempo de coagulación de la sangre o el aparato de medición de adrenalina), así como las técnicas físico-químicas que empleó. Por tal razón, nos limitamos aquí a mencionar que hizo uso de estas herramientas metodológicas.

⁶⁷⁶ Cannon, Walter B. (1965), p. 118.

⁶⁷⁷ Beninson, Saul; Barger A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 263.

aproximativos ya que dependen del tipo de animal que se use, o incluso de su género y edad. Aún así, fue gracias a estos experimentos como pudo explicar la liberación de adrenalina en la sangre y los mecanismos que esta hormona activaba.

5.3. La contribución de Cannon a la institucionalización de la fisiología en Harvard

A lo largo de las páginas anteriores se ha podido observar la importancia que tuvo la creación de los laboratorios de fisiología para el desarrollo de esta disciplina. Como ya se ha señalado, gracias a este hecho se pudieron desterrar las ideas vitalistas. Junto a otras razones —el positivismo, la teoría de la evolución de las especies y los avances en física y química— el aquí llamado fenómeno de la institucionalización ayudó a consolidar la fisiología mecanicista de la segunda mitad del siglo XIX. Incluso podría decirse que fue el paso que consiguió dotar a la fisiología de valor científico. Con esa idea coincide el filósofo de la ciencia Nicholas Jardine: “La instalación de laboratorios en las instituciones médicas hay que contemplarla como el medio por el cual la medicina se hizo científica”⁶⁷⁸. La institucionalización se inició en Alemania gracias a los fisiólogos reduccionistas, cuya mejor representación es la figura de Carl Ludwig y su laboratorio de Leipzig. Este instituto fue el ejemplo a seguir en la construcción de otros laboratorios de experimentación que, como se ha visto, iban asociados a las universidades. La idea principal era que los estudiantes de medicina se acercaran a la investigación experimental; sacar las clases de las aulas y llevarlas a los laboratorios.

Cuando Henry P. Bowditch regresó a Harvard, después de su estancia de investigación en Leipzig bajo la tutela de Ludwig, fue nombrado profesor de fisiología de la Escuela de Medicina. Desde el comienzo comprendió que los estudiantes de la universidad no iban a poder estar a la altura de los alemanes, de no brindárseles un escenario de formación práctica; o sea, sin la construcción de un laboratorio. Por ello, Bowditch construyó el que sería el primer laboratorio de fisiología de Harvard y de Estados Unidos. En un modesto ático de la Escuela de Medicina se propuso llevar a cabo prácticas similares a las que él conoció de primera mano en el laboratorio de

⁶⁷⁸ Jardine, Nicholas: “The Laboratory Revolution In Medicine a Rhetorical and Aesthetic Accomplishment”, en Cunningham, Andrew y Perry, Williams (eds.): *The laboratory revolution in medicine*, Cambridge University Press, New York, 1992, p. 304.

Leipzig. Como se ha explicado en el segundo capítulo, Bowditch cumplió sus objetivos, y otras universidades fueron instaurando también laboratorios de investigaciones experimentales a lo largo de Estados Unidos. Un fenómeno que en la actualidad parece tan habitual que se llega a olvidar su original importancia. Los creadores de estos recintos proponían una nueva forma de educación, donde la presencia del alumno dejara de ser pasiva. En el momento en el que un estudiante adquiere un papel activo en la investigación, no sólo se consigue involucrarlo de forma directa en la adquisición del saber, sino que se ayuda a generar nuevo conocimiento a través de los descubrimientos que va realizando. Tanto Ludwig como Bowditch mostraron una gran destreza experimental pero, lo que es más importante, evidenciaron una competencia motivadora que impulsaba a sus estudiantes a interesarse por la investigación fisiológica.

El primer lugar de contacto entre Bowditch y Cannon fue el laboratorio de Harvard. Cuando este último quiso reforzar los conocimientos de clase, acudió al laboratorio, junto a Albert Moser, comenzando sus investigaciones experimentales. Aunque Cannon era alumno de primero y no podía integrarse en este tipo de prácticas, Bowditch consintió que ambos participasen en la investigación sobre el tracto digestivo. Ese fue, para Cannon, el principio de una vida dedicada a la investigación fisiológica y su primer vínculo con el laboratorio de Harvard, que dirigirá a partir de 1906. De Bowditch, Cannon heredó el rigor experimental y la metodología mecanicista, que consistía en el empleo de técnicas físico-químicas cuantificables y repetibles. Pero quizá lo más importante fue que también heredó de su mentor la pasión por la enseñanza de la fisiología: “El deseo de mi padre de que me convirtiera en médico nunca se realizó. En lugar de dedicarme a la práctica médica, me dediqué a la enseñanza de estudiantes de medicina. Eso es lo que hizo mi predecesor, el Dr. Bowditch”⁶⁷⁹.

Ya desde su época como estudiante, Cannon mostró el interés pedagógico que más adelante desarrollaría con plenitud como profesor de fisiología y director del laboratorio de Harvard. Sus tempranas inquietudes le llevaron a desarrollar lo que sería conocido como el *método de casos* enfocado a la formación médica, que publicó —todavía siendo alumno—, en 1900, bajo el título *The Case Method of Teaching*

⁶⁷⁹ Cannon, Walter B. (1965), p. 21.

Systematic Medicine en *The Boston Medical and Surgical Journal*⁶⁸⁰. Un método que está relacionado tanto con la formación académica del futuro médico, como con su instrucción práctica.

5.4.1. El método de casos

Probablemente Cannon estuvo inclinado a plantear la conveniencia del uso de casos a raíz del desequilibrio que veía entre la formación activa y directa, que recibía a través de los experimentos que realizaba bajo la dirección de Bowditch, y lo aburridas y densas que eran sus clases teóricas. Dicha situación se percibía tanto por los alumnos como por los docentes: “En muchos profesores hay una insatisfacción manifiesta hacia los medios tradicionales de formación médica, una insatisfacción que crece por la creencia de que la enseñanza de la medicina no ha mantenido el ritmo de mejoras que la educación en otras disciplinas ha alcanzado”⁶⁸¹. Estos medios tradicionales eran las clases teóricas en las que Cannon veía que el alumno bien podía sentarse y hacer una escucha pasiva, lo cual complicaba mucho la memorización, o bien tomar notas de cuanto dijera el instructor, pero “estando tan ocupado en apuntar que no aprende en ese momento casi nada”⁶⁸². Por este motivo, ya fuera debido a la deficiencia del alumno o del profesor, la única fuente de conocimiento del estudiante se ceñía a lo que leía en los manuales de instrucción. Cannon, además, dirigía su atención a la esencia práctica de la medicina: “Ya que la medicina es un arte, la relación del médico con su paciente es, como se sabe, una relación activa [...] la habilidad para practicar ese arte [...] requiere de un entrenamiento”⁶⁸³.

Además, a la insatisfacción de Cannon se añadió el hecho de que su compañero de piso, Harry A. Bigelow⁶⁸⁴ —“un estudiante de tercero en la Escuela de Derecho”⁶⁸⁵— le mostró la pasión que suscitaban entre sus compañeros de clase las discusiones de los casos que les proponían los profesores. Los alumnos de derecho

⁶⁸⁰ Cannon, Walter B. (1900): “The Case Method of Teaching Systematic Medicine”, *The Boston Medical and Surgical Journal*, , 142, pp. 31-36.

⁶⁸¹ Cannon, Walter B. (1900), p. 31.

⁶⁸² *Ibid.*

⁶⁸³ Cannon, Walter B. (1900), p. 32.

⁶⁸⁴ Más adelante decano de la Facultad de Derecho de la Universidad de Chicago. Véase Cannon, Walter B. (1965), p. 85.

⁶⁸⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 65.

estaban acostumbrados a este tipo de debates sobre casos prácticos. La técnica de aprendizaje consistía en que el profesor pedía a los alumnos que investigaran sobre casos de actualidad y que buscaran casos similares con los que comparar, discutiéndose en clase hasta buscar un veredicto común. Un método que funcionaba mucho mejor que presentar a los alumnos el conocimiento meramente teórico de las leyes establecidas. “[...] innovación que C.C. Langdell había incorporado a la educación de la Escuela de Derecho más de un cuarto de siglo antes”⁶⁸⁶.

Cannon no tardó mucho en descubrir que este método de casos podría aplicarse también en la enseñanza de la medicina⁶⁸⁷. En diciembre de 1899, en su curso de neurología, persuadió a su profesor G.L. Walton para que presentase uno de sus casos clínicos (como médico privado) a modo de experimento. Walton imprimió el historial de uno de sus pacientes y dejó a los alumnos una semana para que lo estudiaran: “la discusión que sucedió a continuación hizo que Walton incorporase [este método en su clase] inmediatamente”⁶⁸⁸. Walton se dio cuenta de que el interés y atención de los alumnos por el material estudiado se había incrementado notablemente desde el primer caso. “La idea que sugerí, de usar los registros clínicos impresos, para discutir los diagnósticos y el tratamiento apropiado fue bien recibida y puesta en práctica”⁶⁸⁹. El profesor Walton sugirió a Cannon que intentara publicar su propuesta, quien lo hizo en el artículo arriba mencionado para *The Boston Medical and Surgical Journal*.

⁶⁸⁶ *Ibid.*

⁶⁸⁷ Es importante diferenciar el uso de la historia clínica de pacientes dentro de las clases universitarias de medicina (el método de casos), de aquel otro uso habitual para el registro de síntomas, tratamientos, etc., que puede remontarse a los hipocráticos: “En el tratado hipocrático que lleva el título de *Epidemias* encontramos, por primera vez en la historia de la medicina, fichas individuales de pacientes; en ellas se habla de la evolución de la enfermedad. De los 42 casos clínicos distintos que se exponen, 25 (el 60%) concluyen con la muerte del paciente, lo que puede dar una idea del verdadero éxito que tenían las prácticas médicas de aquel entonces.” [Ortega Lozano, Ramón: “La medicina en la antigua Grecia”, *Historia y Vida*, Prisma Publicaciones, Barcelona, 01/2012, n.º 526, p. 54]. Cabe incluso señalar un uso posterior donde la historia clínica también fue empleada en un sentido pedagógico, pero distinto al método de participación activa dentro de una clase universitaria, como propone Cannon. Se trata de los *consilia* (consejos) del Renacimiento: “Los *consilia* sobre los que se asientan las historias clínicas del siglo XVI son las del médico y profesor patavino Bartolomeo Montagnana, las del milanés Giovanni Matteo Ferrari y las de boloñés Baverius de Baveriis. Todos ellos fueron publicados por vez primera durante la segunda mitad del siglo XV. [...] Están destinados a instruir al atento lector sobre el diagnóstico y la terapéutica más apropiada para los pacientes. Concretamente, proporcionan al lector una herramienta para moverse entre los *universalia* y los *particularia*. Dicho de otro modo, los *consilia* muestran ejemplos concretos de cómo diagnosticar y resolver enfermedades particulares” [Hernández Mansilla, José Miguel: *La idea de hombre en Juan Valverde de Amusco*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2013, pp.- 293-294].

⁶⁸⁸ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 66.

⁶⁸⁹ Cannon, Walter B. (1965), p. 85.

Cannon comenzó mostrando que los métodos de enseñanza hasta ese momento no confluían hacia la actividad práctica que demanda una carrera como la de Medicina: “Dos métodos generales de enseñanza de la medicina sistemática han prevalecido hasta ahora, a saber, las conferencias didácticas y la recitación de los temas vistos en ellas.”⁶⁹⁰ Para Cannon, estos métodos cuentan con ventajas y desventajas, pero le parecen, en cualquier caso, insuficientes a la hora de brindar una formación completa para el futuro médico. Por esta razón, encontró que el método de casos era una alternativa que podía mejorar la educación médica. Con el método de casos, a los alumnos no sólo se les enseñan los distintos procesos que tienen lugar en el cuerpo humano y sus desórdenes, para que los comprendan, sino que se les explica qué hacer en caso de que estén frente a uno de ellos. De esta manera, adquieren “sabiduría” y no sólo conocimiento: “[El alumno] aprende, por un lado, a evitar el diagnóstico ingenuo y, por otro, adquiere la rutina y la reflexión del médico ‘práctico’. El método es práctico; y va a conseguir hombres prácticos en el mejor sentido de la palabra.”⁶⁹¹

El artículo y el método que en él se describía tuvieron una excelente acogida no sólo por parte de los profesores de Harvard, sino también por docentes de otras universidades. Pero quizá el mejor recibimiento—y el que tuvo una especial repercusión—fue el que le dispensó el Dr. Richard Cabot⁶⁹², quien inmediatamente incorporó este nuevo sistema a sus clases y más adelante invitó a Cannon a dar una charla sobre su método en la *Sociedad por la mejora de la medicina en Boston*. Una reunión que se celebró en marzo de 1900. Después de la intervención de Cannon, Cabot comentó a la audiencia: “Hay un punto que no ha sido enfatizado como debería [sobre este método...] y es el placer que causa. El contacto entre personas es maravilloso. Contestan de una forma que nunca habían conseguido en otros cursos, porque las preguntas les son lanzadas constantemente, por lo que deben estar bien despiertos y porque hay un interés vital en la historia que presenta el caso”⁶⁹³. También tuvo sus

⁶⁹⁰ Cannon, Walter B. (1900), p. 31.

⁶⁹¹ Cannon, Walter B. (1900), p. 36.

⁶⁹² Aunque Cannon fue quien tuvo la idea del método de casos, fue Richard Cabot quien lo popularizó: “Basado en el método de casos para la enseñanza de la medicina, expuesto por el Dr. Walter Cannon, el Dr. Richard Cabot, internista y miembro de la Escuela de Medicina de Harvard, impartió una serie de conferencias en el Hospital General de Massachusetts en la primera década del siglo XX” (Harris, Nancy Lee: “Case Records of the Massachusetts General Hospital —Continuing to Learn from the Patient” *The New England Journal of Medicine*, 2003, pp. 2252-2254.). De hecho, como se verá más adelante, una década después la mayoría del claustro docente asociaría el método de casos con Cabot antes que con Cannon.

⁶⁹³ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 69.

detractores, pues consideraban que el método no podía reemplazar a la formación ortodoxa que ellos conocían. Y, por otro lado, hubo profesores eminentes que mostraron su prudencia, entre los que destacó Bowditch, quien pensaba que las personas resultaban más importantes que los métodos y que eran los profesores los que tenían la verdadera capacidad para motivar a los alumnos (algo que él conocía muy bien): “Me inclino a pensar que la enseñanza que invita a las personas a pensar no es una ventaja exclusiva del método de casos, o de cualquier otro tipo de método. Es más bien un objetivo propio de los buenos profesores”⁶⁹⁴.

La aceptación por Cabot del método que Cannon sugería ayudó a su propagación. Cuando comenzó a aplicarlo en sus clases, se dio cuenta del buen recibimiento que despertaba en los alumnos, pues mostraban un entusiasmo inusitado por él. Ello quedó refrendado cuando Cabot comenzó a emplearlo también entre jóvenes doctores que hacían un curso sobre teoría y práctica de la medicina. Pronto comenzaron a usarlo ellos mismos, según se iban incorporando a cargos docentes:

El Dr. Cabot apareció y me informó de que había reorganizado por completo el curso de educación teórica y práctica de medicina según las líneas del nuevo método y que los jóvenes doctores que asistieron a sus ejercicios para la discusión de los casos impresos habían sido asignados a puestos docentes y que impulsarían el sistema vigorosamente.⁶⁹⁵

A ello se sumó el hecho de que ese mismo año (1900) el método de casos llegó a ser conocido por el rector de Harvard, Charles William Eliot, cuya reforma curricular iniciada treinta años antes había provisto a los pre-graduados de oportunidades de investigación (el propio Cannon es prueba de ello). Eliot no tardó en incorporar el método a las asignaturas de la Escuela de Medicina, y de esta forma llegó a consolidarse en el sistema académico de la facultad. Casi diez años más tarde, el método seguía siendo popular entre los alumnos. Tras cuarenta años como rector, Eliot se retiró. El 6 de octubre de 1909 tomó posesión del cargo Abbott Lawrence Lowell. Una de sus primeras medidas fue llevar a cabo una reforma curricular en la Escuela de Medicina. Para ello organizó un comité en el que participaron Henderson, Cannon y Southard (neurólogo y profesor de neuropatología de la universidad). Hasta el comité llegaron duras críticas de los alumnos sobre algunas de las clases. Lo curioso es que cuando les

⁶⁹⁴ *Ibid.*

⁶⁹⁵ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 75.

preguntaron si creían que había algo que estuviera bien hecho: “alabaron entusiasmados el que los profesores de la Escuela de Medicina usaran el método de casos. Ni los estudiantes ni el comité recordaban que había sido Cannon quien lo introdujo. Todos creían que el método había sido desarrollado por Richard Cabot, y Cannon no hizo nada por corregirlos”⁶⁹⁶. En la actualidad, no se concibe la instrucción médica sin el empleo de casos prácticos que complementen el conocimiento teórico. Tampoco es imaginable una formación universitaria de cualquier tipo de ciencia biológica sin el uso de laboratorios de experimentación. Como se ha constatado a lo largo de esta investigación, fue entre finales del siglo XIX y comienzos del XX cuando estos enfoques metodológicos quedaron completamente consolidados dentro de la formación en las ciencias biológicas. Cannon no había sido el único responsable, pero sin lugar a dudas su método de casos influyó en este proceso. No obstante, llevó más allá sus ideas, pues finalmente concibió que la labor del estudiante de medicina, y después la del médico egresado, es la de continuar de manera constante su formación:

Los alumnos deben aprender que el currículum de la escuela de medicina sólo les brinda el comienzo de su educación. Si quieren ser útiles como médicos, tienen que estar siempre dispuestos a aprender y a usar los descubrimientos que constantemente se están realizando y que serán de crucial importancia para sus pacientes.⁶⁹⁷

Como puede observarse, Cannon, al igual que Bowditch y Ludwig, representó la figura del investigador-instructor que acompaña al fenómeno de la institucionalización. Su método de casos fue diseñado cuando tan sólo era un estudiante de medicina, pero este espíritu de constante mejora y de acercamiento a los alumnos lo mantuvo durante toda su carrera. Hacia el final de su vida hizo una reflexión al respecto, que deja ver el interés que sintió por la búsqueda de métodos que acercaran el conocimiento al estudiante:

Los años de experiencia han creado en mí la convicción de que la educación sólo puede ser adquirida con un serio esfuerzo por parte de los alumnos. Esta convicción implica que la experiencia [en el] laboratorio, las conferencias entre el profesor y pequeños grupos de estudiantes donde hay una libre e informal discusión, en lugar de pruebas unidireccionales, son mucho mejores que una elaborada y larga serie de conferencias.⁶⁹⁸

⁶⁹⁶ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (1987), p. 233.

⁶⁹⁷ Cannon, W. B. (1965), p. 83.

⁶⁹⁸ Cannon, Walter B. (1965), p. 84.

5.3.2. Los aparatos de medición y las técnicas de investigación en el laboratorio de Harvard

Además de instaurar el sistema de casos, Cannon tuvo un gran protagonismo en otras vertientes de la institucionalización de la fisiología experimental. Primero, porque fue el director del Laboratorio de Harvard entre 1906 y 1942. Como se ha reiterado, dicho centro fue el primer instituto de experimentación en fisiología de Estados Unidos. Con ello Cannon continuó el legado de su fundador, Bowditch, liderando la colaboración no sólo de todos los alumnos de la facultad de medicina, sino de más de cuatrocientos científicos de todo el mundo que, durante este periodo, visitaron el centro para realizar estancias de investigación. Ya en el capítulo sobre la vida y obra de Cannon se ha descrito la cercanía que mantuvo con sus ayudantes (alumnos y doctorandos), la forma de motivarlos ofreciéndoles temas de investigación y, al igual que Bowditch y Ludwig, incluyéndolos en los artículos en que se publicaban los resultados. Como se podrá ver en la bibliografía completa de Cannon que acompaña a este trabajo, la mayoría de los artículos están firmados por él y, además, por algunos de sus alumnos. Asimismo, los invitó a publicar muchas investigaciones que él tutelaba, pero en las que no incluía su propio nombre: “Si yo simplemente he sugerido el problema que había que investigar, indicando la literatura pertinente, mostrando el método a emplear, y de vez en cuando supervisando el trabajo, no he permitido que mi nombre aparezca en el artículo como autor conjunto. [...] si he participado en los procedimientos del experimento, mi nombre aparece como uno de los autores”⁶⁹⁹. Esta es una práctica que aprendió de Bowditch y de Ludwig⁷⁰⁰ y que no sólo es una muestra de humildad, sino también una forma de captar el interés de los estudiantes y mostrarles que la labor de investigación es una forma de generar nuevo conocimiento científico.

⁶⁹⁹ Cannon, Walter B. (1965), p. 93.

⁷⁰⁰ En su autobiografía, Cannon cuenta la anécdota que vivió Warren P. Lombard con Ludwig en Leipzig: Lombard describió una serie de métodos y sus resultados en un artículo e incluyó en él el nombre de Ludwig, dándoselo para que lo revisara. Este último lo hizo y se lo devolvió corregido casi por completo y quitando su propio nombre. Lombard protestó: “‘Usted me ha dado el problema’ dijo; ‘me ha enseñado cómo usar el aparato y solucionó mis problemas, ha reescrito casi todo el artículo, y su nombre debería aparecer aquí junto al mío.’ ‘No’, contestó el profesor Ludwig. ‘Usted ha hecho el trabajo y debe llevarse el mérito.’ ‘Pero’, agregó, ‘si usted no hace nunca nada más, la gente creerá que yo lo hice’” [en Cannon, Walter B. (1965), p. 95]. Esta anécdota puede resumir la filosofía que se esconde en esta práctica. Una forma de incentivar la continuidad por parte del estudiante en la investigación científica, y tanto en Cannon, Bowditch o Lombard, ha quedado demostrado que tuvo éxito.

Les permitía percibir que con su esfuerzo estaban participando en este objetivo. No es de extrañar que muchos de sus más cercanos colaboradores continuaran por la senda de la investigación, entre los que cabe destacar a: Daniel de la Paz, Clarence Lieb, Alfred Schol, Arthur Lawrence Washburn, Carl Binger, Wade Wright, Sidney W. Bliss, Rosendo Carrasco-Formiguera, José Joaquín Izquierdo, Josep Aub y, muy especialmente, Arturo Rosenblueth. Colaboradores directos en las investigaciones de Cannon podrían citarse más de veinte, pero aquí sólo se recogen aquellos que han sido mencionados en este trabajo.

Otra característica de la institucionalización de la fisiología experimental fue el uso de técnicas basadas en la cuantificación, por lo que el diseño y empleo de aparatos que permitieran medir rigurosamente variables y parámetros en los experimentos era algo indispensable. Los representantes de estos laboratorios de fisiología se caracterizan por tener una gran capacidad inventiva para crear aquellas herramientas de trabajo: Ludwig y su bomba sanguínea de mercurio o su famoso quimógrafo, así como Bowditch y su mecanismo para registrar de forma automática los datos del quimógrafo, o su significativa modificación al pletismógrafo. Todos ellos son ejemplos del desarrollo de este tipo de aparatos de medida aplicables a los procesos fisiológicos. Walter Cannon no se quedó atrás. También poseía gran habilidad para el manejo de estos artefactos e incluso llegó a diseñar alguno. Baste recordar que al comienzo de sus investigaciones sobre la motilidad gástrica utilizó el aparato de rayos X. De esta forma se convirtió en uno de los primeros científicos en usarlo para la investigación fisiológica (como se ha visto, Cannon comenzó a emplear el artefacto tan sólo un año después de que Röntgen descubriera los rayos X)⁷⁰¹. Aunque dio inicio a estos estudios como alumno de primer año de medicina, al poco tiempo mostró una gran habilidad con el aparato y sus consiguientes registros de datos, que perseguía que fueran lo más precisos

⁷⁰¹ El uso de este aparato le costó a Cannon el vivir acosado durante más de cuarenta años por una dermatitis pruriginosa y exfoliativa. Terminó falleciendo de una leucemia linfocítica crónica. No obstante, gracias a sus primeros experimentos pudo descubrir interesantes mecanismos del movimiento digestivo, lo que lo llevó a ser “el primero en recibir la medalla Julius Friedenwald de la Asociación Gastroenterológica Americana” [Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), p. 471]; un galardón que todavía se entrega en nuestros días, pero que se inició con el mencionado nombramiento. En aquella época no se tomaban las debidas precauciones en el uso de estos rayos, lo que probablemente llevó a Cannon a contraer la dermatitis. Esta enfermedad le hizo padecer de un picor insoportable. Hacia la última década de su vida sufrió intensamente por un prurito en las manos, brazos y piernas. El fisiólogo que escribió *The Wisdom of the Body* descubrió irónicamente, en su propia carne, la carencia de orden que a veces se puede encontrar en nuestro sofisticado organismo.

posibles. Especialmente destacable fue la técnica fluorescente que utilizó Cannon para poder observar los movimientos digestivos:

Cannon dejó muy pronto huella en la historia de la medicina acortando una gran brecha con una técnica para emplear los rayos X, al existir la imposibilidad de obtener imágenes satisfactorias de los órganos blandos del canal digestivo. Cannon resolvió el problema mediante la alimentación del paciente con comida mezclada con subnitrato de bismuto o sulfato de bario⁷⁰², pues ambos son opacos a los rayos X. [...] La técnica básica se empleó pronto en todos los hospitales modernos del mundo para diagnosticar úlceras y tumores del tracto digestivo.⁷⁰³

También se pueden citar dos aparatos que diseñó Cannon con la colaboración de sus asistentes. El primero medía la existencia de adrenalina en la sangre a través de un segmento de músculo de intestino de conejo. Como se ha mostrado anteriormente (véanse pp. 123-124), el intestino es sensible a esta sustancia: deja de contraerse cuando la adrenalina está presente. Por tanto, si el músculo se contraía, significaba que en la sangre no existía adrenalina, pero si dejaba de hacerlo era indicativo de la presencia de la hormona. No obstante, para poder cuantificar la cantidad de adrenalina que pudiera contener la muestra de sangre, Cannon ideó un aparato que precisaba el tiempo de contracción o relajación de la fibra del músculo. El artefacto consistía en “la suspensión [de la sección] entre unas diminutas tenazas de alambre [*serre-fines*] en una cámara cilíndrica de 8 mm de diámetro y 5 cm de profundidad. Hay un hilo conectado con las pinzas a la parte inferior por donde entra la preparación en la cámara, y por la parte superior a un extremo corto que va unido a una palanca de escritura”⁷⁰⁴. Con este sistema Cannon podía llevar un registro gráfico del tiempo y nivel de contracción de la sección de intestino al ser aplicada la muestra de sangre. Otro aparato —similar— fue el que diseñó para guardar un registro gráfico de la velocidad de coagulación (véase dibujo del aparato en p. 130). En este caso pretendía mostrar que cuando existe adrenalina en la sangre, ésta se suele coagular más rápidamente, de tal forma que, en caso de necesidad

⁷⁰² La sustancia que se comenzó a utilizar en los hospitales de forma habitual fue la del sulfato de bario que Cannon empleó desde el comienzo, pero que no mencionó en sus artículos: “Usé otras sales pesadas entre las que se encontraba el sulfato de bario. No hice mención de este hecho, sino que sólo hice una pequeña alusión general. Ahora es más seguro el sulfato de bario y se emplea en lugar de las sales de bismuto; quizá se habría podido usar antes si hubiera especificado las sales que usé”, [en Cannon, Walter B. (1965), p. 128]. Baste mencionar que el sulfato de bario es la sustancia que sigue empleándose en nuestros días.

⁷⁰³ Fleming, Donald (1984), p. 609.

⁷⁰⁴ Cannon, Walter B.: *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage: an account of recent researches into the function of emotional excitement*, Appleton, New York, 2nd edition, 1953, p. 44.

como puede ser una hemorragia, el cuerpo activa un mecanismo para liberar la hormona y que no se pierda mucha sangre. A su vez, quería mostrar que este efecto también aparecía en momentos de excitación causados por alguna emoción como el miedo, la furia o el dolor. Sin embargo, para que el experimento pudiera considerarse riguroso, tenía que poder cuantificar sus resultados. De ahí que diseñara un artefacto que fuera mostrando de forma gráfica el tiempo que tardaban en coagularse las muestras de sangre que habían sido tomadas de animales en estados de tranquilidad y en estados de excitación.

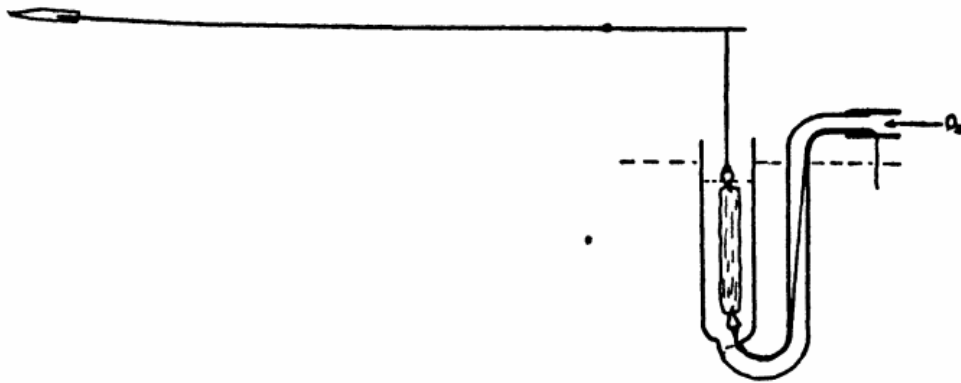


Figura 5.1. Dibujo de Cannon del aparato diseñado para medir el nivel de adrenalina a través de un segmento de intestino⁷⁰⁵.

Cannon llegó a equiparar la habilidad en el uso de herramientas, técnicas o aparatos de experimentación con la capacidad de dilucidación exigible al científico para evaluar la confirmación de sus hipótesis. Consideraba imprescindible la intervención de los aparatos para recoger evidencias que dieran sustento a las hipótesis relacionadas con un fenómeno fisiológico:

El método experimental requiere ingenio y habilidad para idear dispositivos adecuados que puedan asegurar las pruebas necesarias con objeto de saber si una idea es válida o no. El conocimiento de herramientas y de diversos materiales tiene un gran valor cuando deben ponerse a prueba datos físicos. Mi propia experiencia de la infancia con un equipo de carpintería, como ya he señalado, me resultó muy útil. Para distintos tipos de trabajo experimental, será necesario ingeniar distintos tipos de técnicas. En la investigación química, por ejemplo, es de primera importancia el conocimiento de las sustancias y sus reacciones. En un laboratorio de fisiología hubo un tiempo en el que los aparatos podían hacerse con corcho, alambre y cera. Sin embargo, hoy en día es común el empleo de métodos eléctricos, tanto para estimular la actividad como para registrarla

⁷⁰⁵ Cannon, Walter B. (1953), p. 45.

con exactitud, lo que demanda una familiaridad con el empleo de instrumentos eléctricos y su funcionalidad.⁷⁰⁶

Sin embargo, como ya se ha explicado más arriba, la metodología de Cannon, aunque en esencia es muy parecida a la mecanicista, en algunos puntos llega a diferenciarse. Sobre el empleo de aparatos de medición, matiza que no siempre se debe confiar en ellos ciegamente. Así como era escéptico respecto a que todo pueda ser cuantificable en los fenómenos biológicos, también consideraba que a veces el aparato experimental puede llegar a falsear una información y llevar al fisiólogo a extraviarse entre los datos:

Especialmente cuando se emplean instrumentos de medición en el experimento, debemos mantenernos alerta. El registro puede mostrar ligeras variaciones que, si no se observan en el momento justo, suelen ser difíciles de explicar. Por lo tanto, un nuevo fenómeno puede pasar desapercibido. Así que nunca debe de existir una dependencia exclusiva y absoluta de los aparatos de medición en el momento de registrar un fenómeno biológico.⁷⁰⁷

Asimismo, pueden considerarse otra muestra de la destreza de Cannon las técnicas que diseñó para poder confirmar ciertas hipótesis. Su maestría quirúrgica le permitió idear una serie de pruebas que le llevaron a intervenir en los animales de investigación para analizar de forma fiable ciertos procesos: “La habilidad técnica en fisiología, y en otras áreas de investigación biológica, posiblemente requiera el conocimiento de procedimientos de cirugía modernos”⁷⁰⁸. Dentro de todos estos métodos de investigación pueden resaltarse dos: la técnica del corazón denervado y la simpatectomía. El primero se basaba en el conocimiento de que el corazón funciona con normalidad aunque se encuentre libre de cualquier influencia nerviosa. Sin embargo, es muy sensible a una pequeñísima cantidad de adrenalina en la sangre, que ocasiona que la velocidad de su latido aumente. Partiendo de esta idea, e intentando mostrar la liberación de adrenalina que se produce en el cuerpo cuando sobrevienen estados de excitación, Cannon concibió la posibilidad de cortar toda conexión nerviosa del corazón y someter a estrés a los animales con los que experimentaba. Esto le permitía no tener que separar el corazón o extraer muestras para confirmar su hipótesis, sino que podía

⁷⁰⁶ Cannon, Walter B. (1965), pp. 34-35.

⁷⁰⁷ Cannon, Walter B. (1965), p. 36.

⁷⁰⁸ Cannon, Walter B. (1965), p. 34.

llegar a examinar el efecto de la adrenalina dentro del cuerpo del animal. La segunda técnica, sumamente compleja, consistió en extirpar todo el sistema simpático de los animales de investigación, para poder observar los efectos que los estados de excitación ocasionaban en ellos. Como se ha mostrado anteriormente, a partir de estas dos técnicas obtuvo suficiente evidencia para formular su teoría sobre los estados homeostáticos del cuerpo.

Cannon es un claro ejemplo de investigador experimental. Para él no era posible dar por válida una hipótesis si ésta no había sido sometida a una serie de pruebas que evidenciaran de forma directa y concluyente su valor. Especialmente buscó que las hipótesis no fuesen producto de la especulación: “Hay que evitar la rígida adherencia a las ideas ya preestablecidas”⁷⁰⁹. Hay que mantener un equilibrio entre ser sagaces en las inferencias que se realizan, y ser escrupulosos y cuidadosos para que estas inferencias se comprueben y no vayan más allá de los hechos que las justifican. Al someter una teoría a pruebas empíricas hay que ser honesto y saber renunciar a ella cuando los hechos resultan adversos. Por esta razón tuvo que apoyarse en su propia inventiva para diseñar tanto aparatos como técnicas que permitieran desarrollar experimentos bien definidos, claros y concluyentes. A lo largo de este trabajo se han resumido sus aportaciones, si bien es cierto que muchas de sus investigaciones tardaron tiempo en dar frutos y algunas llegaron a callejones sin salida.

Ya se ha explicado que su metodología se acerca bastante a la de los mecanicistas en cuanto al empleo de aparatos y técnicas cuantificables. Igualmente en lo referido a la atención a las propiedades físico-químicas. Sin embargo, su orientación teórica y epistemología, es decir, la forma en la que se representó los procesos del organismo fue holista. Esto no le resta ningún mérito como promotor activo de la investigación fisiológica bajo condiciones rigurosas y como educador. En sus propias palabras: “En estos centros un investigador productivo es altamente apreciado, tanto por sus descubrimientos, como por el ejemplo que da ante personas jóvenes por su constante dedicación para incrementar el conocimiento”⁷¹⁰. No cabe duda de que Cannon fue uno de estos investigadores: “Los investigadores científicos [...] tienen dos funciones importantes que realizar: descubrir nuevos hechos y asegurarse de entrenar a los que se inician para que continúen con una productiva educación cuando se hayan

⁷⁰⁹ Cannon, W. B. (1965), p. 77.

⁷¹⁰ Cannon, Walter B. (1965), p. 79.

marchado”⁷¹¹. La institucionalización, pues, fue importante no sólo por el papel que tuvo en la formación de los estudiantes, sino también, como es evidente, por su valor en la consecución de nuevo conocimiento científico. Una unión tan estrecha que no puede desligarse. Cannon lo resume así a partir del ejemplo de Carl Ludwig:

Ejemplo de una difusión gratificante se puede encontrar en Carl Ludwig, quien por décadas hizo de Leipzig el centro donde jóvenes fisiólogos fueron bienvenidos sin prejuicio geográfico o racial [...] A través de sus estudiantes, las ideas inspiradoras de Ludwig y su buen ejemplo fueron difundidos por muchos países; y aquellos médicos a quienes influyó en sus carreras volvieron a sus hogares a continuar los estudios que empezaron bajo su supervisión.⁷¹²

No cabe duda de que Cannon fue un continuador de esta tradición cuyo origen puede situarse en el laboratorio de Leipzig. De hecho, como pasó con este último, el laboratorio de Harvard también sirvió de modelo para otros, propagando a nuevos rincones la llama de la institucionalización. Un ejemplo de ello se puede encontrar en su discípulo más cercano, Arturo Rosenblueth, quien al no poder prolongar su estancia en Estados Unidos tuvo que volver a México aceptando la oferta que le hizo Ignacio Chávez (1897-1979), en ese momento director del Instituto Nacional de Cardiología — más tarde llegaría a ser rector de la Universidad Autónoma de México— para ocupar un puesto como investigador en aquel instituto. Sin embargo, la oferta se amplió gracias a la visión de Chávez, quien quería crear el primer laboratorio de fisiología del país.

En 1944, todavía no existían laboratorios de investigación fisiológica en México, pues dedicar presupuesto para ello se consideraba un despilfarro en cualquier institución de enseñanza de la medicina. Por esta razón, el objetivo de Chávez, una vez fundado el Instituto Nacional de Cardiología (INC), fue crear unos laboratorios de fisiología que pudieran atraer a investigadores de todo el mundo. Ya que los sueldos eran muy bajos, permitió la construcción de unos apartamentos para alojar a los investigadores y también que se les dejara comer en el instituto. “Uno de esos apartamentos le fue otorgado a Arturo Rosenblueth, quien trajo consigo algunos aparatos que había adquirido en Harvard por un precio simbólico.”⁷¹³ Una historia que recuerda a la de Bowditch cuando fundó el laboratorio de Harvard en el pequeño ático de la Escuela de Medicina, con el quimógrafo que trajo de Alemania. De la misma forma, Rosenblueth

⁷¹¹ *Ibid.*

⁷¹² Cannon, Walter B. (1965), pp. 210-211.

⁷¹³ Quintanilla, Susana (2002), p. 311.

inauguró los primeros laboratorios de fisiología en México, en “los sótanos, húmedos y oscuros, del edificio central”⁷¹⁴ del INC, donde comenzó a trabajar con la principal intención de equiparlo adecuadamente y de conseguir que fisiólogos de otras nacionalidades hicieran estancias de investigación en él. Uno de los primeros en hacerlo fue el mismo Norbert Wiener. Rosenblueth se convirtió, poco después (1944), en el director del departamento de Fisiología y Farmacología del Instituto Nacional de Cardiología, manteniéndose en el cargo hasta 1960.

Gracias a todos los colaboradores que pasaron por el laboratorio de Harvard, las ideas de la fisiología holista que Cannon propuso se esparcieron rápidamente por el mundo. En la actualidad el concepto de homeostasis es inseparable de la idea de organismo y, como ha dicho Fleming: “con la única excepción de la evolución a través de la selección natural, la homeostasis ha probado ser el más influyente de todos los conceptos integradores de la biología”⁷¹⁵.



Imagen 5.2. Arturo Rosenblueth, Walter Cannon y Juan García Ramos en el laboratorio de fisiología de Rosenblueth en el Instituto Nacional de Cardiología⁷¹⁶.

⁷¹⁴ *Ibid.*

⁷¹⁵ Fleming, Donald (1984): “Walter B. Cannon and Homeostasis”, *Social Research*, nº 51, (3), p. 631.

⁷¹⁶ Beninson, Saul; Barger, A. Clifford; Wolfe, Elin (2000), sin paginación.

Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha hecho una revisión general de la fisiología norteamericana en su proceso de consolidación institucional durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. Para llevarla a cabo, se ha partido de la transición de la fisiología ilustrada europea de finales del siglo XVIII hasta llegar a la propiamente experimental y analítica de mediados del XIX. Es decir, se ha descrito el paso desde una etapa fundamentada en la especulación filosófica sobre los procesos y funciones que acontecían en los organismos vivos, protagonizada por la *Naturphilosophie* en Alemania y el *vitalismo* en Francia, hasta el advenimiento de la fisiología mecanicista. Una de las principales aportaciones del estudio realizado ha consistido en otorgar un papel más relevante del que suele recibir al proceso de institucionalización de la fisiología experimental; o sea, a la creación de laboratorios de investigación. Normalmente, esta fase de maduración se suele relacionar con los progresos en física y química que se dieron desde finales del siglo XVIII y que continuaron durante todo el siglo XIX. Tales progresos mostraron que los seres vivos se componen de los mismos elementos que se encuentran en la materia inorgánica, lo cual dio lugar a que la investigación biológica se redujera cada vez más a una exploración con técnicas físico-químicas y, por ende, a que tal exploración se realizara en laboratorios de experimentación. No obstante, en este trabajo se ha mostrado que hay que ver en el fenómeno de la institucionalización una causa independiente que colaboró con la instauración de la fisiología reduccionista del siglo XIX. Se ha explicado que estos recintos fueron fundados con un objetivo pedagógico, pues se consideraron indispensables para la instrucción médica, que entonces era meramente teórica. Fueron instituciones que se convirtieron, por tanto, en los centros de prácticas donde el estudiante podía experimentar y conocer directamente los distintos procesos fisiológicos⁷¹⁷. Pero, aún más importante, el alumno se convirtió en investigador y en generador de conocimiento mientras se formaba activamente en ellos.

Para poder arrojar alguna luz sobre el fenómeno de la institucionalización, se ha estudiado la actividad en el primer gran laboratorio de fisiología, dirigido por Carl

⁷¹⁷ Es en este momento en el que se comprende que la fisiología requiere ser enseñada de forma independiente de la anatomía.

Ludwig en Leipzig. Se ha explicado que fueron muchos los estudiantes que se acercaron a él desde todas las partes del mundo para realizar diferentes investigaciones. Cuando estos jóvenes investigadores volvían a sus países y comenzaban a ser los nuevos instructores en fisiología, se convertían a su vez en impulsores de la construcción de laboratorios que siguieron el modelo del Instituto de Leipzig. Carl Ludwig fue el mejor representante de la fisiología mecanicista en aquellos momentos. Era la cabeza visible de los conocidos fisiólogos reduccionistas alemanes, entre los que figuraban Herman Helmholtz, Ernst Brücke, Emil du Bois-Reymond o Rudolf Virchow. El acercamiento a los procesos fisiológicos que se practicaba dentro del laboratorio de Leipzig tenía un carácter abiertamente reduccionista. No es de extrañar que en esta propagación de los laboratorios de fisiología, que poco a poco se fueron consolidando en todo el mundo a partir del modelo alemán, también se adoptaran tesis mecanicistas. Por todo ello, debe otorgarse a la institucionalización un papel fundamental en el triunfo de este enfoque de la fisiología.

Otro objetivo del trabajo ha sido establecer cuál fue la influencia que el laboratorio de Leipzig tuvo sobre la figura de Walter Bradford Cannon. Para ello se ha analizado en primer lugar la vida y obra de su maestro, Henry Pickering Bowditch, quien fuera investigador visitante del instituto presidido por Ludwig. Se ha puesto de manifiesto que Bowditch no sólo se formó en la concepción mecanicista de la vida, sino que sirvió de ejemplo para la propagación del mecanicismo fisiológico a través de la institucionalización. A su regreso a los Estados Unidos, fundó el primer laboratorio de fisiología de Norteamérica en la Escuela de Medicina de Harvard. Más tarde, fue Walter Cannon quien continuó con la dirección del mismo cuando Bowditch se retiró.

Aunque los estudiosos de Cannon han intentado encontrar influencias en él de figuras importantísimas de la historia de la medicina (como pueden ser Claude Bernard y hasta incluso Hipócrates), esta investigación ha mostrado que si existe una sucesión de influencias en la obra del fisiólogo norteamericano, debe localizarse en la cadena Carl Ludwig - Henry P. Bowditch - W. B. Cannon. Este último siempre vio en Bowditch al guía que le dio la oportunidad de incorporarse al mundo de la investigación desde que fue estudiante de medicina; un camino que continuaría toda su vida. A su vez, Bowditch consideró a Ludwig como el auténtico tutor que le orientó en su carrera profesional y que le llevó a dedicarse a la investigación fisiológica y a fundar el laboratorio de Harvard. Cannon reconoció esta línea de influencias. Llegó a equipararla

a un árbol genealógico, en el cual Bowditch sería su padre y Ludwig su abuelo, además de estar emparentado con otros fisiólogos, como pudiera ser Iván P. Pavlov, quien también estuvo un tiempo en el laboratorio de Leipzig y a quien, más tarde, pudo conocer. A lo largo del segundo capítulo se ha incidido en esta cadena de relaciones y se han rescatado las influencias epistemológicas y metodológicas propias del mecanicismo que se reflejaron no sólo en la fundación de los dos institutos dedicados a la experimentación, sino también en los trabajos que se realizaron. Por otro lado, se ha justificado, asimismo, que es a través de la colaboración en el trabajo dentro de estos institutos como se creó el vínculo discípulo-mentor que encontramos entre Bowditch y Ludwig, así como entre Cannon y Bowditch. Aunque no se ha llegado a profundizar detalladamente en él, se sugiere que este mismo tipo de relación nació entre Rosenblueth y Cannon⁷¹⁸.

Dichas relaciones han servido de fundamento para poder explicar el corpus fisiológico de Cannon. Cuando uno contempla en su totalidad la obra por él desarrollada, se tiene la impresión de que siguió una trayectoria que había sido esmeradamente planeada. Existe un camino coherente que da solidez a sus teorías, que parte de sus inicios y que culmina con sus últimas investigaciones. El fisiólogo norteamericano consigue, sin duda, una armoniosa integración de todos sus estudios. Sin embargo, como se ha explicado a lo largo del tercer capítulo, Cannon comenzó a estudiar los movimientos del aparato digestivo porque Bowditch le ofreció colaborar en su laboratorio y le asignó esa línea de investigación. Su gran interés y compromiso le hicieron dedicarse a esta tarea en cuerpo y alma, aunque, de habersele asignado otra, sin duda hubiese actuado de forma similar. Mientras Cannon avanzaba en sus investigaciones, surgieron una serie de enigmas que atraparon su atención. Entre ellos, el más importante fue la suspensión de los movimientos peristálticos cuando un animal era sometido al estrés emocional. Cannon podría haberse centrado únicamente en la descripción meticulosa de las distintas funciones de las partes del aparato digestivo. En cambio, además de ello, quiso llegar más allá para dar respuesta a este hecho.

Había que tener un grado de sagacidad importante para darse cuenta de que la causa de cese de la peristalsis se debía a la furia, el miedo o el dolor que estaba experimentando el animal mientras tenía lugar el proceso digestivo. Pero Cannon fue

⁷¹⁸ Al igual que Ludwig o Bowditch, Cannon se convirtió en maestro de muchos otros investigadores, pues fueron muchos los fisiólogos que pasaron por su laboratorio.

aún más lejos y descubrió que tales estados alteraban otros procesos del organismo, no sólo los digestivos. Como se ha visto, esto le llevó a considerar la influencia que tenían el sistema nervioso —que se suponía debería gobernar semejantes procesos— y las glándulas suprarrenales, que secretaban una sustancia que parecía influir en la aparición de tales fenómenos. Es decir, comenzó a estudiar los efectos de la adrenalina en otros procesos fisiológicos. Gracias a una serie extensa de experimentos, pudo comprender la influencia que tenía esta hormona en el organismo y, más importante, que la secreción de la misma estaba motivada por grados de alta excitación emocional (miedo, furia, dolor e incluso el hambre y la sed). Dichos hallazgos le permitieron comenzar a formular su teoría de la emergencia y del par “luchar y huir”, pues consideraba que estos procesos fisiológicos preparan al cuerpo para un desgaste importante y concreto, que surge como un mecanismo de defensa para combatir o escapar en caso de peligro.

Más adelante una serie de contingencias le llevaron también a estudiar la influencia del shock traumático en heridos de guerra. Soldados que recibían un daño físico por mutilación, envenenamiento por gases o electrocución. En tales estados, el cuerpo no puede detener el desbordamiento de sus sistemas y, por tanto, sobreviene la muerte. Este desbordamiento es el que trató de explicar Cannon. Se dio cuenta de que, antes de llegar a ese momento previo a la muerte, el organismo intenta, a través de una serie de mecanismos, salvaguardar la vida del individuo: una redistribución del flujo sanguíneo para mantener bien irrigados los órganos más importantes —y por ende bien oxigenados— o una contracción de las arterias para intentar mantener la presión sanguínea, entre otros muchos procesos que se han detallado en el tercer capítulo. Igualmente, el análisis de esta cadena de mecanismos le ayudó a observar que cuando un eslabón llega a su máxima capacidad de acción y es desbordado, influye a su vez en el desbordamiento de un siguiente eslabón, hasta que el sistema completo entra en shock y el individuo muere.

Asimismo, de forma fortuita, a la vuelta de su participación en la Primera Guerra Mundial, y una vez culminados sus estudios sobre el shock, se vio envuelto en una polémica por sus investigaciones sobre la influencia de las glándulas suprarrenales y el sistema nervioso. Stewart y Rogoff denostaban los experimentos de Cannon por considerarlos “toscos” y poco fiables. Independientemente de la polémica, esta situación llevó a Cannon a perfeccionar su técnica del corazón denervado, para mostrar que su teoría sobre la influencia de la adrenalina en los cambios orgánicos era cierta (y que la

secreción de la hormona se ve incrementada cuando sobrevienen grados de excitación emocional altos). Pero mientras buscaba mejorar su técnica y recabar más información, aparecieron otros enigmas que le llevaron a realizar una simpatectomía en sus animales de investigación (extirpar el sistema nervioso simpático). Ello, finalmente, le condujo, por un lado, a descubrir los sistemas de estabilidad del cuerpo y también a acuñar el término “homeostasis”. Más adelante, descubriría la mediación química dentro del sistema nervioso simpático a partir de la sustancia que llamó simpatina.

Cannon fue abriéndose paso en sus investigaciones en parte por azar, pero también por su visión y capacidad de creación teórica. Desde sus estudios sobre la motilidad, supo aprovechar los resultados de los trabajos que realizaba, para apoyarse en ellos y dar solidez al conjunto de su teoría fisiológica. Ese mérito no se debió al azar, sino al producto de una mente organizada. Se ha hecho ya alusión a ello: no sólo era importante la pericia, sino que había que poseer un grado muy alto de creatividad y capacidad teórica para formular hipótesis que dieran respuesta a ciertos enigmas relacionados con otros sistemas del organismo, en apariencia ajenos al sistema investigado. Mientras que el mecanicista acudiría a estratos inferiores para dar explicación a los problemas fisiológicos, el holista acude a los niveles superiores. Esto es lo que hizo Cannon: buscó la solución a los problemas de que se ocupaba ampliando su centro de atención, hasta llegar a estudiar las funciones del organismo entendiéndolo como un todo integrado.

No hay que pasar por alto el hecho de que Cannon comenzara abrazando el mecanicismo. En el curso del presente estudio se ha podido apreciar el legado que Cannon heredó de Bowditch y de Carl Ludwig. De ellos aprendió una metodología y una perspectiva mecanicista sobre los procesos fisiológicos que incorporó en sus primeras investigaciones. Bajo este enfoque, Cannon comenzó a estudiar el aparato digestivo. Su libro *The Mechanical Factors of Digestion* manifiesta una clara orientación mecanicista: capítulo a capítulo desmenuza el aparato digestivo para explicar en detalle cómo actúa cada órgano. Habla del aparato digestivo como si fuera una maquinaria cuya anatomía y funciones realizaran procesos independientes para llevar a cabo la digestión. Sin embargo, los interrogantes con los que se encontró le llevaron a modificar su mecanicismo, pues se dio cuenta de que la solución a ellos no la iba a encontrar en estratos inferiores de la organización, sino en la relación entre los distintos órganos y sistemas. En la obra *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*, sus estudios ya comienzan a ser holistas, puesto que en ellos adquiere todo el

protagonismo la relación entre distintos sistemas: el digestivo, el circulatorio, el nervioso y el endocrino. La evidencia de esta interrelación es producto de un análisis que atiende a diferentes niveles de organización. Es en esta obra donde desarrolla su teoría de la emergencia; obra que además de incorporar una postura holista, incluye ya su interés por una perspectiva teleológica. Cannon comenzó a entrever que estos procesos, presentes en estados de alta excitación emocional, debían responder a algo. Ello era, en efecto, la supervivencia de los individuos cuando se deben enfrentar a un peligro y tienen que estar listos para luchar o huir. En *The Wisdom of the Body* su postura ya es completamente holista y teleológica. Para Cannon ya no había ninguna duda sobre cuál debía ser el enfoque de la fisiología. Sólo era posible penetrar en el estudio de los procesos del organismo concibiéndolos como un todo.

Por lo expuesto en el capítulo dedicado a la teoría fisiológica de Cannon, hay que concluir que Garland Allen tiene razón cuando sostiene que Cannon (así como Sherrington, Henderson, Haldane, Barcroft y otros fisiólogos de comienzos del siglo XX) es un claro ejemplo de materialista holista. No obstante, Cannon no fue siempre el fisiólogo holista que Allen parece querer ver, pues, como se ha mostrado, cambió su perspectiva epistemológica del mecanicismo al holismo. Es cierto que Allen reconoce el legado metodológico de los mecanicistas (por ejemplo, Ludwig) en cuanto al uso de técnicas físico-químicas de medición aplicadas a la fisiología, pero este trabajo ha procurado ir más allá, intentando profundizar en la influencia de la institucionalización de la fisiología como un entorno propicio para acumular conocimiento científico y dar paso progresivo (no brusco o súbito) a una concepción holista de la fisiología.

Aunque se ha insistido en que la mayor influencia que recibió Cannon para realizar sus investigaciones vino de Henry P. Bowditch, muchos son los especialistas que han querido encontrar influencias de otros autores. Es natural que exista esta idea, ya que Cannon no es la única figura de la fisiología holista durante la primera mitad del siglo XX. En su entorno filosófico y científico existe una serie de personajes que están muy en sintonía con los trabajos que realizó. En el cuarto capítulo se ha detallado pormenorizadamente la relación que hubo entre Cannon, Lawrence Joseph Henderson, Alfred North Whitehead y John Scott Haldane. A todos se les puede definir como organicistas, pues concebían el organismo como una totalidad en la que las partes están estrechamente relacionadas. Sin duda es importante reconocer la cercanía que existe entre las tesis de los cuatro, pero intentar concluir que se dio una profunda influencia

entre ellos, en el momento en que concibieron sus teorías capitales, es ir demasiado lejos, ya que sus obras nacieron y progresaron de forma independiente; algo no suficientemente explicitado hasta ahora.

Como se ha puesto de manifiesto a lo largo del cuarto capítulo, no se ha podido constatar con pruebas sólidas que existiese una influencia definida entre unos y otros. Es cierto que Cannon conocía los trabajos de Henderson y de Haldane (a quienes cita en sus obras), pero todos habían avanzado en el mantenimiento de concepciones holistas dentro de sus áreas de investigación previamente a la publicación de los textos de los demás. Fue a través de Henderson como Cannon conoció la obra de Whitehead, a quien Garland Allen quiere ver como la persona que formuló explícitamente el materialismo holista en la Universidad de Harvard durante la primera mitad del siglo XX. Sin embargo, como ha podido verse, no existe evidencia de que Whitehead influyera de forma alguna en los trabajos de Henderson y mucho menos en los de Cannon, sin que deje de ser cierto que su filosofía concuerda con los principios fisiológicos enunciados por ambos. Es importante resaltar la diferencia de perspectiva teleológica que hallamos en Cannon, por un lado, y en Haldane y Whitehead, por otro. Esta diferencia radica en el carácter analizable que Cannon atribuye a los procesos homeostáticos, mientras que sus dos contemporáneos terminan por sostener la existencia de una teleología metafísica, inarticulada e inanalizable. Según Cannon, las operaciones que se activan para mantener la estabilidad orgánica, cuando sobreviene un cambio, pueden estudiarse con métodos físico-químicos, comprenderse y predecirse. Responden a un claro orden direccional, porque dichos procesos se activan con el fin de preservar la estabilidad del organismo que, a su vez, persigue en última instancia mantener la vida. Desde la perspectiva de Whitehead y Haldane, la ordenación funcional tan característica del organismo parece escaparse al análisis físico-químico, y aunque los dos pretenden alejarse también de la existencia de una sustancia o fuerza especial (la fuerza vital), no consiguen definir una alternativa que no resulte estéril a la hora de brindar una explicación precisa sobre los elementos y causas que soportan el carácter teleológico de los organismos vivos.

Finalmente, con toda la información expuesta se han podido explorar propiamente los conceptos filosóficos que subyacen a la fisiología de Walter Cannon. A lo largo del quinto capítulo ha quedado establecido que Cannon asumió, desde el punto epistemológico, la concepción teleológica del organismo. Esto indica que le resultaba

enormemente útil preguntarse por la finalidad de los procesos fisiológicos, para poder comprender mejor la naturaleza de las funciones orgánicas. Tanto la teoría de la emergencia como la de los procesos homeostáticos son deudoras de esta postura. Cannon se preguntó cuál es la finalidad a que obedecen los cambios en el organismo (detención de la peristalsis, la reactivación de los músculos agotados, liberación de azúcar almacenada en el hígado, la redistribución sanguínea, etc.) cuando aquél está sometido al dolor, al miedo, a la furia u otra emoción intensa. Esta pregunta le sugiere que el animal se prepara para huir o luchar en caso de ser necesario. De una forma distinta, pero bajo el mismo principio, llegó a la conclusión de que los procesos homeostáticos tienen como finalidad mantener la estabilidad del organismo, pese a los cambios del entorno. Sin embargo, una aportación del presente trabajo ha consistido en matizar la concepción de la teleología asociada a Cannon, ya que éste seguía encontrando excepciones a una posible teleología generalizada. Consideraba que había muchos ejemplos que hacían patente el carácter teleológico de los organismos, pero también existían muchos mecanismos que parecían o carecer de finalidad, o tener una finalidad contraria a la salud y la supervivencia del ser vivo.

En todo caso, es cierto que Cannon llega a preguntarse cuál es la finalidad de los procesos homeostáticos; y concluye que éstos permiten al organismo vivo una libertad o independencia del mundo externo (se mantiene una estabilidad interna, pese a lo cambiante del entorno). Tal libertad va ligada a los seres de mayor complejidad en la jerarquía evolutiva (que han desarrollado un sistema nervioso-adrenal que gobierna esos procesos homeostáticos), y su máxima expresión es la conciencia, que permite al individuo relacionarse mejor, así como defenderse y aprovecharse de su entorno. Por tanto, la naturaleza teleológica del organismo no sólo consiste en la búsqueda de la supervivencia, sino en la obtención de autonomía respecto al medio externo e incluso en su aprovechamiento. Siguiendo el hilo de este razonamiento, Cannon creyó poder trasladar la sabiduría del organismo a la sociedad. Dicho con otras palabras: intentó extender la homeostasis orgánica hacia una *homeostasis social*. Según él, la sociedad podría equipararse a un gran organismo, al que únicamente le faltaba llegar a un grado de evolución suficiente que le permitiera obtener los mecanismos automáticos necesarios (como son los procesos homeostáticos) para mantenerse en constante equilibrio.

En cualquier caso, un aspecto fundamental que debe resaltarse en la posición teleológica de Cannon es que se aleja de la idea de causa final aristotélica. Aunque utiliza un lenguaje finalista, en realidad no concebía que los procesos orgánicos fueran gobernados por una única causa dinamizadora. Su teleología se distingue de la de Whitehead y la de Haldane justamente por tratar de explicar la cadena de procesos específicos que tienden a una meta concreta, en lugar de dar explicaciones difusas que terminarían siendo estériles en la investigación fisiológica. Por esa razón, su enfoque de la teleología sirvió de fundamento inspirador para que su discípulo Arturo Rosenblueth, junto con el matemático Norbert Wiener y el ingeniero Julian Bigelow, sentaran las bases conceptuales de las que se nutriría la cibernética. La teleología queda traducida entonces como un conjunto de sistemas integrados de control que pueden darse por igual en el animal y en la máquina. Se trata de una teleología dependiente de encadenamientos causales circulares, capaces de dirigir tanto la acción como la inhibición. El protagonismo de Cannon en el nacimiento de la cibernética había quedado diluido, cuando no olvidado, dentro de la historia de la ciencia. Subsana esa carencia ha sido también un objetivo de este trabajo.

Igualmente lo ha sido el análisis de su perspectiva metodológica, para intentar diferenciarla de las técnicas propiamente mecanicistas y ver en qué sentido se sirvió de ella para sus estudios. En este sentido es destacable, nuevamente, la influencia que recibe de Bowditch, e indirectamente de Carl Ludwig, quienes desarrollaron una amplia serie de técnicas y aparatos de análisis físico-químico destinados a que la medición fisiológica contara con un rigor basado en la cuantificación y que pudiera descansar en los principios de la física y la química. Sin embargo, conforme Cannon se adentró en la investigación de funciones complejas, donde hay muchos elementos interrelacionados, prefirió acudir a técnicas que consideraba estaban por encima de la exactitud cuantitativa. En este sentido, es destacable el papel protagonista que otorgó a la formulación de hipótesis, como guía que el investigador debía seguir para resolver un enigma, pero siempre siendo cuidadoso de que cualquier inferencia se comprobara y que no fuese más allá de los datos que ofrecen los hechos por sí mismos⁷¹⁹. Su indagación de base teleológica es muestra de ello. Gracias a estas hipótesis llegó a

⁷¹⁹ De ahí que mostrara su interés por la enumeración de una serie de posibles errores en los que suelen incurrir quienes investigan en fisiología.

formular la teoría de la emergencia o a definir los procesos homeostáticos y comprender mejor su naturaleza.

Cuando se emplea el concepto de *homeostasis* no es infrecuente ponerlo en relación con el concepto de *milieu intérieur* introducido por Claude Bernard. Son muchos los historiadores de la ciencia que han querido ver una influencia de este último sobre la noción de equilibrio definida por Cannon. Se trata de una relación natural, ya que es el propio Cannon quien aludía al *milieu intérieur* bernardiano como un antecedente de su concepto de homeostasis. Sin embargo, otra de las conclusiones de la presente investigación es que Cannon tan sólo encuentra en el concepto de Bernard un ejemplo más, para poder ilustrar los procesos a los que se refiere. En realidad, no precisó de él para llegar a la formulación de los mecanismos homeostáticos. El origen del concepto debe buscarse en sus propias investigaciones fisiológicas, pues en ellas surgieron las observaciones, los enigmas, las hipótesis y todo el proceso creativo y deductivo que le llevó a su teoría sobre los estados estables. Entre aquellos enigmas, el más decisivo a la hora de postular el mantenimiento activo de los equilibrios orgánicos fue el que aparecía en la técnica del corazón denervado, donde el corazón mantenía una actividad acelerada bajo estados de excitación, pese a no contar con conexiones nerviosas. En su afán por encontrar una interpretación a estos hechos, practicó la simpatectomía a gatos de experimentación. Dado que carecían por completo del sistema nervioso simpático (sin que llegaran a morir), Cannon comprobó que en ese estado era posible la vida del animal, si bien aquellos animales no eran capaces de resistir cambios radicales de temperatura, cansancio muscular, estados emocionales o de estrés. Este conjunto de observaciones le brindó la clave para sistematizar la serie de procesos interrelacionados que surgen en el organismo con la finalidad de mantener la estabilidad fisiológica, y es a ellos a los que engloba con el término “homeostasis”.

Por último, el objetivo principal del trabajo ha sido poner en relación los aspectos científicos y filosóficos de la fisiología de Cannon con el curso seguido por la institucionalización de la fisiología en la Universidad de Harvard desde finales del siglo XIX hasta bien entrado el siglo XX. Son dos cuestiones con profunda interdependencia. Por tal motivo, el último apartado ha estado dedicado a explicar la relación que Cannon mantuvo con el laboratorio de Harvard, un centro que presidió de 1906 a 1942. Además del diseño y empleo de aparatos para la investigación fisiológica, se ha podido concluir que, al igual que Bowditch y que Ludwig, Cannon fue un gran promotor de la

investigación fisiológica en sus vertientes indagatoria, pedagógica y favorecedora de la motivación. Según se ha señalado, el fenómeno de la institucionalización surgió tanto por una necesidad científica como pedagógica: se quiso que las clases teóricas tuviesen una base práctica. Cannon, desde su juventud, tuvo gran inquietud por mejorar la formación del médico. Ya desde sus comienzos en la Escuela de Medicina propuso el estudio de casos dentro de las clases (que solían ser demasiado teóricas). Este método gozó de gran aceptación, al punto que en pocos años comenzó a utilizarse de forma habitual en varios cursos, e incluso a extenderse a otras facultades de medicina de Estados Unidos. En cuanto a la vertiente relacionada con la motivación, también se habrá podido observar el papel que desempeñaba el profesor no solamente en la enseñanza de los métodos y las técnicas, sino también como impulsor para que fuese el mismo alumno quien adquiriese un papel activo en el trabajo de laboratorio. Tal fue el motor que consiguió incrementar la investigación fisiológica y que propagó la institucionalización. Cannon cumple plenamente con el perfil del investigador-instructor, propio de esta institucionalización. Por el laboratorio de Harvard pasaron muchos investigadores. Más de una veintena de ellos se formaron bajo su dirección y continuaron después sus respectivas carreras. Sin embargo, sobre todos, es obligado destacar a Arturo Rosenblueth, no sólo porque llegara a ser su discípulo más próximo, sino porque continuará el programa de la institucionalización, creando el primer laboratorio de investigación fisiológica de México en el Instituto Nacional de Cardiología.

En síntesis:

1. El fenómeno de la institucionalización de la práctica experimental en fisiología sirvió al triunfo de la fisiología mecanicista sobre las ideas vitalistas y la *Naturphilosophie*. Brindó el escenario imprescindible para que pudieran aparecer investigaciones que culminaron con éxito y fue un medio de propagación del mecanicismo.
2. El mejor ejemplo de instituto de investigación experimental en fisiología lo constituye el laboratorio de Leipzig, que actuó como patrón que imitaron otros laboratorios en distintas partes del mundo. Uno de ellos fue el laboratorio de

Harvard. Desde entonces, se hizo indisociable la formación médica con este tipo de centros de investigación experimental.

3. A través de los directores de esos institutos de fisiología se generó la cadena de influencias que llegaría a Walter Cannon. Influencia que puede apreciarse en la forma de abordar las investigaciones fisiológicas (epistemológica y metodológicamente hablando) y en la concepción pedagógica de la instrucción médica.
4. Gracias a tal influencia Cannon contó con una perspectiva metodológica que le llevó al empleo de aparatos de medición físico-química. Sus investigaciones quisieron ser cuantificables y promovieron, inicialmente, un análisis de las partes de los sistemas, para, con posterioridad, explicar el sistema en conjunto.
5. Son los enigmas con los que se encuentra en el curso de sus experimentos —el cese de los movimientos peristálticos o el letargo en la abertura del píloro después de una anastomosis del intestino delgado o grueso—, los que no puede resolver desde un enfoque reduccionista, y los que le llevaron a investigar en niveles superiores de organización —los efectos de la adrenalina y la influencia del sistema nervioso adrenal en el cuerpo—, y finalmente a conferir a su fisiología una orientación holista y teleológica (así lo expresan su teoría de la emergencia, su definición de los procesos homeostáticos y la mediación química del sistema nervioso).
6. Cannon supo sacar provecho de la serie de enigmas que, de forma imprevista, se encontró a lo largo de sus investigaciones. Estos le ayudaron a interpretar los fenómenos que investigaba de una forma compleja y a describirlos con mayor acierto. Mostró una importante pericia para resolver problemas y una gran capacidad teórica para formular hipótesis sobre otros sistemas del organismo, en apariencia ajenos al sistema investigado.
7. Compartió un entorno filosófico y científico afín con figuras como Lawrence Henderson, John Scott Haldane e incluso Alfred N. Whitehead. Todos comprendían que el organismo manifiesta una compleja organización. Incluso que esta

organización puede llevarse más allá de los organismos y ampliarse a otras realidades: la idea de *equilibrio (fitness)* de Henderson, el *acontecimiento* y los *objetos eternos* de Whitehead, la postura *biologicista* que une al universo completo a partir de la conciencia (el yo-no yo), que propone Haldane, y la *homeostasis social* de Cannon. Sin embargo, no existió una influencia determinante entre ellos, según llegan a sugerir investigadores como Garland Allen, William R. Albury, Stephen J. Cross o Donald Fleming. Los trabajos de Henderson, Haldane, Whitehead y Cannon mantienen cierta sintonía, y puede decirse que, en algún caso, existe constancia del conocimiento que tenían de sus respectivas obras, pero no puede afirmarse que unos influyeran en las tesis esenciales que defendieron los otros.

8. Los elementos teóricos y filosóficos que acompañan a la fisiología de Cannon son los siguientes:
 - a) Su fisiología es holista y teleológica desde un punto de vista epistemológico, pues está comprometida con la idea de que muchas funciones fisiológicas sólo pueden ser objeto de conocimiento consistente si interpretamos el organismo como un todo integrado. Un ejemplo es su teoría de la emergencia.
 - b) Se da cuenta de que muchos procesos están interrelacionados entre sí con la finalidad de mantener la estabilidad del organismo (a través de los procesos homeostáticos) y considera que estos procesos son una clara cualidad adaptativa alcanzada evolutivamente a través del tiempo por los organismos que ocupan un lugar más elevado en la jerarquía filogenética.
 - c) Los últimos trabajos de Cannon con Arturo Rosenblueth sobre la mediación química de los impulsos nerviosos y el descubrimiento de lo que ellos llamaron *simpatina*, y que más adelante llevaría a otros investigadores al descubrimiento de la noradrenalina, ayudaron a comprender mejor las vías de retroalimentación de los procesos homeostáticos. Las reflexiones sobre los aspectos teleológicos que Cannon concebía en el organismo fueron la base para que Rosenblueth, Norbert Wiener y Julian Bigelow propusieran los primeros conceptos que dieron origen a la cibernética; un ámbito de estudio que poco después el mismo Wiener propuso y desarrolló con amplitud.

- d) Desde una perspectiva metodológica, Cannon supo combinar el rigor observacional y cuantitativo, que le proporcionaban las técnicas y aparatos de análisis físico-químico, con la invención de hipótesis que consideraba de mayor valor incluso que la cuantificación. El papel de las hipótesis era para él muy importante, pues entendió que éstas guían al investigador en la resolución de cualquier enigma, pero siempre siendo cuidadoso de que cualquier inferencia se compruebe y que no vaya más allá de los datos que ofrecen los hechos mismos. El valor heurístico que concedió a la teleología es muestra de ello.
9. Al igual que ocurre con todos sus hallazgos, el concepto de homeostasis tiene su origen en el trabajo experimental y en los intentos de dar respuesta a las preguntas que surgían dentro de éste.
10. Cannon formó parte directa del fenómeno de la institucionalización, no sólo por llegar a ser el director del laboratorio de fisiología de la Universidad de Harvard, sino por haber heredado la pasión por la investigación experimental ligada a este tipo de instituciones.

La aportación original que creemos hace este trabajo al conocimiento con el que ya se contaba, tanto acerca de Walter Cannon como de la institucionalización de la fisiología, ha consistido en explicar la relación que existió entre la creación de los laboratorios de investigación fisiológica y la propagación de los principios epistemológicos y metodológicos que subyacían a los trabajos que comenzaron a realizarse en ellos. Una difusión que adquiere dimensiones amplísimas cuando se comprende que estos recintos se convirtieron en el escenario básico de la formación experimental de los alumnos de las facultades de medicina. La formación teórica y la investigación fisiológica se volvieron entonces indisociables, hasta condicionarse recíprocamente. A través de la figura de Walter Cannon se ha mostrado que *el laboratorio de fisiología* fue el soporte elemental de todos los avances en esta rama del conocimiento. En él surgían los problemas que reclamaban una respuesta metodológica y epistemológica nueva. La relación entre estos laboratorios y las nociones que se iban incorporando a la teoría fisiológica no fue, pues, accidental. La mayor parte de las

contribuciones teóricas de Cannon, así como los principios filosóficos que asumió, sólo se entienden en el contexto de la labor que se desarrollaba en el laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

Obras de Walter B. Cannon

Cannon, Walter B. (1898): "The Movements of the Stomach Studied by Means of the Röntgen Rays", *American Journal of Physiology*, 1(May), pp. 359-382.

Cannon, Walter B.; MOSER, A. (1898): "The Movements of the Food in the Esophagus", *American Journal of Physiology*, 1(Jul), pp. 435-444.

Cannon, Walter B. (1900): "The Use of Clinic Records in Teaching Medicine", *Bulletin of American Academy of Medicine*, 5, pp. 203 -213.

Cannon, Walter B. (1900): "The Case Method of Teaching Systematic Medicine", *Boston Medical and Surgical Journal*, 142, pp. 31-36.

Cannon, Walter B. (1902): "The Movements of the Intestines Studied by Means of the Röntgen Rays", *American Journal of Physiology*, 6 (Jan), pp. 251-277.

Cannon, Walter B. (1906): "Recent advances in the physiology of the digestive organs bearing on medicine and surgery", *American Journal of Medical Sciences*, 131, pp. 563-578.

Cannon, Walter B.; Murphy, F.T. (1906): "The Movements of the Stomach and Intestines in Some Surgical Conditions", *Annals of Surgery*, XLIII, pp. 513-536.

Cannon, Walter B. (1910): *A Laboratory Course in Physiology*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Cannon, Walter B. (1911): "Henry Pickering Bowditch", *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, Boston, 46 (25), pp. 737-747.

Weir, Mitchell S.; Chittenden, Russell; Howell, William; Cannon, Walter B. (1911): "Henry Pickering Bowditch", *Science*, 33 (Apr): 651 - 652.

Cannon, Walter B. (1911): *The Mechanical Factors of Digestion*, Edward Arnold, New York & London.

Cannon, Walter B. (1914): "Recent Studies of Bodily Effects of Fear, Rage and Pain", en Dennis, W. (Ed), *Readings in the History of Psychology*, (pp. 482-484) New York: Appleton-Century-Crofts, Inc.

Cannon, Walter B. (1914): "The Emergency Function of the Adrenal Medulla in Pain and the Major Emotions", *American Journal of Physiology*, 33, pp. 365-372.

Cannon, Walter B. (1918): "A Report of Observations on Traumatic Shock", *The Medical Bulletin of the Medical Research Society of the American Red Cross* (Paris) March 15, pp. 424-428.

Cannon, Walter B. (1923): *Traumatic Shock*, D. Appleton and Company, New York & London.

Cannon, Walter B. (1924) "Biographical Memoir, Henry Pickering Bowditch, 1840-1911", (Washington, U.S. Govt. Print. Off., 1924) *National Academy of Sciences, Washington, D. C. Memoirs*, vol. XVII, pp. 181-196.

Cannon, Walter B. (1926): "Physiological Regulation of Normal States: Some tentative postulates concerning biological homeostatics", *Jubilee Volume to Charles Richet*, Editions médicales, Paris, pp. 91-93.

Cannon, Walter B. (1929): *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage*, Charles T. Brandford Company, Boston.

Cannon, Walter B. (1926): "Some General Features of Endocrine Influence on Metabolism", *Transactions of the Congress of American Physicians and Surgeons*, Washington D.C., May 5th and 6th, Published by the Congress, New Haven, pp. 31-32.

Cannon, Walter B. (1927): "The Story of the Physiology Department of the Harvard Medical School", *Harvard Medical Alumni Bulletin*, 1, pp. 12-19.

Cannon, Walter B. (1927): "The James-Lange Theory of Emotions: A Critical examination and an alternative theory", *American Journal of Psychology*, 39: 106-124.

Cannon, Walter B. (1929): "Organization for Physiological Homeostasis", *Physiological Review*, 9, pp. 399-431.

Newton, Harlan. F.; Zwemer, Raymond L.; Cannon, Walter B. (1931) "Studies on the Conditions of Activity in Endocrine Organs: XXV. The mystery of emotional acceleration of the denervated heart after exclusion of known humoral accelerators", *American Journal of Physiology*, 96 (Feb): 377 - 391.

Cannon, Walter B.; Rosenblueth, Arturo (1932): "Studies on Conditions of Activity in Endocrine Organs: XXVIII. Some effects of sympathin on the nictitating membrane", *American Journal of Physiology*, 99 (Jan), pp. 398 -407.

Cannon, Walter B. (1932): *The Wisdom of the Body*, The North Library, New York.

Cannon, Walter B. (1933): "The First American laboratory of Physiology", *Science*, 78 (Oct), pp. 365 - 366.

Cannon, Walter B. (1936): *Digestion and Health*, W.W. Norton, New York.

Cannon, Walter B.; Roseblueth, Arturo (1937): *Autonomic Neuro-Effector Systems*, Macmillan, New York.

Cannon, Walter B. (1938): "Some Implications of the Evidence for Chemical Transmission of Nerve impulses", *Proceedings of the Fifteenth, International Physiological Congress*, Leningrad and Moscow, 1935. p. 13.

Cannon, Walter B. (1938): "A Comparison of Effects of Sympathin and Adrenine in the Iris", *Proceedings of the Fifteenth, International Physiological Congress*, Leningrad and Moscow, 1935. p. 83

Cannon, Walter B. (1938): "Henry Pickering Bowditch, Physiologist", *Science*, 87: 471–474.

Cannon, Walter B. (1943): "Biographical Memories of Lawrence Joseph Henderson", Presented to the Academy at the autumn meeting, Bibliographical Memoirs of the National Academy of Sciences of the USA, 23, 31–58, *Papers of Walter Bradford Cannon, 1881–1945*, The Harvard Medical Library in the Francis A. Countway Library of Medicine, Boston, Massachusetts, Hollis Catalog, Harvard University.

Cannon, Walter B. (1945): *The Way of an Investigator*, W. W. Norton, New York. (Publicada post mortem)

Cannon, Walter B.; Roseblueth, Arturo (1949): *The Supersensitivity of Denervated Structures: A Law of Denervation*, Macmillan, New York.

Cannon, Walter B. (Walter Bradford), 1871-1945. *Papers, 1873-1945, 1972-1974 (inclusive), 1881-1945 (bulk)*, Francis A. Countway Library of Medicine, Center for the History of Medicine, Harvard Library: http://oasis.lib.harvard.edu/oasis/deliver/deepLink?_collection=oasis&uniqueId=med00088

Estudios y monografías sobre Walter B. Cannon

Albury, R. William; Cross, Stephen J. (1987): "Walter B. Cannon, L. J. Henderson and the Organic Analogy", *Osiris*, Ed. The History of Science Society, vol. 3, pp. 165-192.

Abate, Hugo (2007): *Walter B. Cannon y la "muerte vudú": una exploración en las fronteras de la biomedicina*, Tesis de Doctorado presentada en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires (UBA).

Allen, Garland E. (1983): *La Ciencia en la Vida en el Siglo XX*, Fondo de Cultura Económica, México.

Beaumont, W. (1834): *Experience and Observation on the Gastric Juice and the Physiological Digestion*, Boston.

Beninson, Saul; Barger A. Clifford; Wolfe, Elin (1987): *Walter B. Cannon: The life and times of a young scientist*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.

Beninson, Saul; Barger A. Clifford; Wolfe, Elin (1991): "Walter B. Cannon and the Mystery of Shock: A study of Anglo-American co-operation", *Medical History*, Boston, April; 35(2), pp. 216-249.

Beninson, Saul; Barger A. Clifford; Wolfe, Elin (2000): *Walter B. Cannon, Science and Society*, Boston Medical Library, Boston.

Brooks, Chandler; Koizumi, Kiyomim; Pinkston, James O. (eds.) (1975): *The Life and Contributions of Walter Bradford Cannon 1871—1945: His influence on the development of physiology in the twentieth century*, Albany: State University of New York Press, Brooklyn.

Cannon, Bradford (1982): "Walter Bradford Cannon: Reflections on the man and his contributions", *Gastrointestinal Radiology*, 7 (1): pp. 1-6.

Cannon, Bradford (1994): "Walter Bradford Cannon: Reflections on the man and his contributions", *International Journal of Stress Management*, 1 (2): pp. 145-158.

Cannon Schlesinger, Marian (1979): *Snatched from Oblivion: A Cambridge Memoir*, Gale Hill Books.

Cooper, Steven J., (2008): "From Claude Bernard to Walter Cannon. Emergence of the concept of homeostasis", *Appetite*, 2008, n. 51, p. 419-427.

Corman, Marvin L., (ed.) (1983): "Walter Bradford Cannon 1871–1945", *Diseases of the Colon & Rectum*, 26 (9): pp. 634-647.

Diedrich, Maria I., (2011): *Cornelia James Cannon and the Future American Race*, University of Massachusetts Press, USA.

Fleming, Donald (1984): "Walter B. Cannon and Homeostasis", *Social Research*, vol. 51, no. 3, pp. 609-640.

Siegel, Shepard (2008): "Learning and the Wisdom of the Body", *Learning & Behaviour*, 36 (3), pp. 242-252.

Smith, Gerard P. (2008): "Unacknowledged Contributions of Pavlov and Barcroft to Cannons Theory of Homeostasis", *Appetite*, n. 51, 428-432.

Walker, Nigel (1956): "Freud and Homeostasis", *The British Journal of Philosophy of Science*, vol. 7, no. 25, pp. 61-72.

AA. VV. (1970): "Henry Pickering Bowditch (1840-1911): Harvard Physiologist", *The Journal of the American Medical Association*, 213, (4): 617-619.

Aristóteles (1995): *Física*, Gredos, Madrid.

Allen, Garland. (2005): "Mechanism, Vitalism and Organicism in Late Nineteenth and Twentieth-Century Biology: The importance of historical context", *Studies in the History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36, pp. 261-283.

Bernard, Claude (1879): *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Librairie J. -B. Baillière et Fils, París, 2 vols.

Bernard, Claude. (1859): *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologique des liquides de l'organisme*, Librairie J. B. Baillière et Fils, París, 2 vols.

Bernard, Claude. (1865): *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, J.B. Baillière et Fils, Libraires de L'Académie Impériale de Médecine, París. Vers. cast. traducida por Pedro García Barreno (2005), Crítica.

Bichat, M.F.X (1806): *Indagaciones Fisiológicas sobre la vida y la muerte*, Administración del Real Arbitro, Madrid.

Boorse, C. (1977): "Health as a theoretical concept", *Philosophy of Science*, The University Press of Chicago, vol. 44, No. 4, pp. 542-573.

Bowditch, Henry P. (1870): "The physiological laboratory at Leipzig", *Nature*, n. 3, pp. 142-143.

Bowditch, Henry P. (1879): "Physiological Apparatus in use at Harvard Medical School", *The Journal of Physiology*, 2(3): 202-205.

Bowditch, Henry P.; Garland, G. M. (1879-1980): "The effect of the Respiratory Movements on the Pulmonary Circulation", *Journal of Physiology*, vol. 2, pp. 91-109.

Bowditch, Henry P. (1885): "Note on the Nature of Nerve-Force", *The Journal of Physiology*, vol. 6, pp. 133-135.

Comte, Auguste (1995): *Discours sur l'esprit positif, suivi de cinq documents annexes*, Vrin, France.

Coleman, William; Holmes Frederic L. (ed.) (1988): *The Investigative Enterprise: Experimental physiology in the nineteenth century medicine*, University of California Press, London.

Cunningham, Andrew; Williams, Perry (ed.) (1992): *The laboratory revolution in medicine*, Cambridge University Press, Cambridge.

Darwin, Charles (1859): *On the origin of species*, ed. by J. W. Burrow, Harmondsworth, Penguin Books, 1981, 1ª ed. Londres, John Murray ed. Vers. cast., Madrid, Espasa-Calpe, 2001.

Darwin, Charles (1984): *La expresión de las emociones en el hombre y los animales*, Alianza Editorial, Madrid.

Descartes, R. (1995): *Los principios de la filosofía*, Alianza Editorial, Madrid.

Du Bois-Reymond, Estelle (ed.) (1982): *Two Great Scientists of the Nineteenth Century. Correspondence of Emil du Bois-Reymond and Carl Ludwig*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Enjuto Bernal, Jorge (1967): *La Filosofía de Alfred North Whitehead*, Editorial Tecnos, Madrid.

Elliot, Clark A., Rossiter, Margaret W. (eds.) (1992): *Science at Harvard University: Historical perspectives*, Lehigh University Press, Bethlehem.

Ellis, Frederick W. (1939): "Henry Pickering Bowditch and the Development of the Harvard Laboratory of Physiology", *New England Journal of Medicine*, vol. 219, no. 21, pp. 819-828.

Escarpa Sánchez-Garnica, Dolores (2004): *Filosofía y biología en la obra de Claude Bernard*, tesis doctoral, Universidad Complutense, Madrid.

Foucault, Michel (2007): *El nacimiento de la clínica: una arqueología de la mirada médica*, Siglo veintiuno editores, Madrid.

Geison, Gerald L. (1981): "Scientific Change, Emerging Specialties, and Research Schools", *History of Science*, vol. 19, pp. 20-40.

González Recio, José Luis (2004): *Teorías de la Vida*, Editorial Síntesis, Madrid.

González Recio, José Luis (2005): "El Tenaz Espectro del Vitalismo" *Logos. Anales del Seminario de Metafísica*, Universidad Complutense, 1992, N° extra., 823-238.

González Recio, J.L. (ed.) (2005): *El taller de las ideas: diez lecciones de historia de la ciencia*, Plaza y Valdés, Madrid.

Haldane, John Scott (1913): *Mechanism, Life and Personality; an examination of the mechanistic theory of life and mind*, John Murray, London.

- Haldane, John S. (1922): *Respiration*, Yale University Press, New Haven.
- Haldane, John Scott (1935): *The Philosophy of a Biologist*, Oxford University Press, Oxford.
- Henderson, Lawrence J. (1927): *The Fitness of Environment: An inquiry into the biological significance of the properties of matter*, The McMillan Company, New York.
- Henderson, Lawrence J. (1917): *The Order of Nature: an essay*, Harvard University Press, Cambridge.
- Henderson, Lawrence J. (1926): "A Philosophical Interpretation of Nature", *The Quarterly Review of Biology*, University of Chicago Press, pp. 289-294.
- Henderson, Lawrence J. (1928): *Blood: A study in general physiology*, Yale University Press, New Haven.
- Henderson, Lawrence J. (1935): *Pareto's General Sociology: A physiologist's interpretation*, Harvard University Press, Cambridge.
- Hernández Mansilla, José Miguel (2013): *La idea de hombre en Juan Valverde de Amusco*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Hocking, William Ernest (1961): "Whitehead as I knew him", *The Journal of Philosophy*, University Columbia, New York, pp. 505-516.
- Humber, J.M., Almeder, R.F. (eds) (1997): *A Rebuttal on Health*, Humana Press, New Jersey.
- Kronecker, Hugo (1895): "Carl Friedrich Wilhelm Ludwig 1816-1895", *Berlin Klinische Wochenschrift*, 32, No. 2, pp. 466-467.
- Laín Entralgo, Pedro (1986): *Ciencia, técnica y medicina*, Alianza Editorial, Madrid.
- Laín Entralgo, Pedro (1987): *La medicina hipocrática*, Alianza Editorial, Madrid.
- Loeb, Jacques (1990): *Movimiento Forzados, Tropismos y Conducta Animal*, Trillas, México.
- Loeb, Jacques (1964): *The Mechanistic Conception of Life*, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- Lowe, Victor (1985): *Alfred North Whitehead: The man and his work*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Ludwig, Carl F. W. (1843): *Beitrage zur Lehre vom Mechanismus der Harnsekretion*, Universität Marburg, Marburg.

Ludwig, Carl F. W. (1858): *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, Ester Band, Zweite neu bearbeitete Auflage, C.F. Winter Verlagsbuchhandlung, Leipzig und Heidelberg.

Ludwig, Carl F. W. (1861): *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, Zweiter Band, Zweite neu bearbeitete Auflage, C.F. Winter Verlagsbuchhandlung, Leipzig und Heidelberg.

Lünen, Alexander Von (2010): *Under the Waves, Above the Clouds: A history of the pressure suit*, Ph. D. Thesis, Technischen Universität Darmstadt, http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/2103/1/lunen_diss.pdf

Martínez Vidal, Álgvar, Sallent del Colomo, Emma (2010): “Ciencia en el exilio, una forma de resistencia. La traducción castellana de *Wisdom of the Body* de Walter B. Cannon (México, 1941), *Cultura Escrita & Sociedad*, nº 10, pp.- 149-175.

Monod, Jacques (1970): *El azar y la necesidad: Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna*, Tusquets Editores, Barcelona.

Mayer, Jean (1968): “Lawrence J. Henderson – A Biographical Sketch”, *The Journal of Nutrition*, no. 94, pp. 1-5.

McDougall, William (2001): *An Introduction to Social Psychology*, Batoche Books, Kitchener.

Jewson, N.D. (1978): “The Disappearance of the Sick-Man from Medical Cosmology, 1770-1870”, *Sociology*, 10.

Oroz Ezcurra, Javier (1985): *El ser como entidad actual en la filosofía del organismo de Alfred North Whitehead*, Universidad de Deusto, Bilbao.

Ortega Lozano, Ramón (2012): “La medicina en la antigua Grecia”, *Historia y Vida*, Prisma Publicaciones, Barcelona, 01/2012, n.º 526, pp. 48-55.

Ortega Lozano, Ramón (2013): “Carl Ludwig y el fenómeno de la institucionalización como triunfo del mecanicismo fisiológico”, *Ludus Vitalis*, México, vol. XXI, 39, pp. 67-85.

Pavlov, P. Ivan (1910): *The Work of Digestive Glands*, Charles Griffin, London.

Pavlov, P. Ivan (1982): *Actividad Nerviosa Superior*, Editorial Fontanella, Barcelona.

Porter, William (1898): “The Teaching of Physiology in Medical Schools”, *The Boston Medical and Surgical Journal*, no. 139, pp. 647-652.

Puigbo, Juan José (2002): *La Fragua de la Medicina Clínica y de la Cardiología*, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela Caracas.

David C. Randall (2004): "Discovering the Role of the Adrenal Gland in the Control of Body Function", *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, vol. 287, pp. R1007-R1008.

Quintanilla, Susana (2002): "Arturo Rosenblueth y Norbert Wiener: dos científicos en la historiografía de la educación contemporánea", *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 7 (15): 303-329.

Rosen, George (1936): "Carl Ludwig and his American Students", *Bulletin of the Institute of the History of Medicine*, The Johns Hopkins University Press, vol. 4, no. 8, pp. 609-650.

Rovine, Michael J., Anderson, Douglas R. (2004): "Peirce and Bowditch: An American Contribution to Correlation and Regression", *The American Statistician*, vol. 58, Issue 3, pp. 232-236.

Rosenblueth, A.; Wiener, N.; Bigelow, J., (1943): "Behavior, Purpose and Teleology", *Philosophy of Science*, vol. 10, issue 1, Jan., pp. 18-24.

Rosen, George (1936): "Carl Ludwig and his American Students", *Bulletin of the Institute of History of Medicine*, The Johns Hopkins University Press, vol. 4, No. 8, pp. 609-650.

Rosenblueth, A.; Wiener, N., (1945), "The Role of Models in Science", *Philosophy of Science*, Vol. 12, no. 4, pp. 316-321.

Sánchez Ron, José Manuel (2007): *El poder de la ciencia*, Crítica, Barcelona.

Sánchez Ron, José Manuel (2005): *El canon científico*, Crítica, Barcelona.

Schelling, F. (1799): *Einleitung zu dem Entwurf eines systems der Naturphilosophie*, Christian Ernst Gable, Jena y Leipzig.

Schilpp, Paul Arthur (1991): *The Philosophy of Alfred North Whitehead*, The Library of the Living Philosophers, New York.

Schopenhauer, Arthur (1969): *Alrededor de la Filosofía*, Picazo, Barcelona.

Schopenhauer, Arthur (2006): *Parerga y Paralipómena*, Editorial Trotta, Madrid.

Seth, Andrew, Burdon Haldane, Richard (eds.) (1883): *Essays in Philosophical Criticism*, Longmans & Green, London.

Sturdy, Steve (2011): "The Meanings of Life: Biology and biography in the work of J.S. Haldane (1860-1936)", *Transactions of the Royal Historical Society* (Sixth Series), 21, pp 171-191.

Szurszewski, Joseph H. (1998): "A 100-year Perspective on Gastrointestinal Motility", *American Journal of Physiology- Gastrointestinal and liver Physiology*, (mar); 274, pp. G447- G453.

Watson, H. A., Berger, L.B. (1956): *Equipment for Analyzing Mine Atmospheres: With special reference to Haldane-type apparatus*, Bureau of Mines, United States Department of Interior.

Wiener, Norbert (1961): *Cybernetics: or the Control and Communication in the Animal and the Machine*, The MIT Press, Cambridge. Vers. cast. por Miguel Mora Hidalgo (1971), Guadiana de publicaciones, Madrid.

Whitehead, Alfred North (1953): *Science and the Modern World*, Lowell Lectures, 1925, THE FEE PRESS, New York.

Whitehead, Alfred North (1961): *Aventura de las Ideas*, Compañía General Fabril Editora, Buenos Aires.

Whitehead, Alfred North (1968): *El Concepto de Naturaleza*, Gredos, Madrid.

Whitehead, Alfred North (2004): "Naturaleza y Vida", *Logos. Anales del Seminario de Metafísica*, Norteamérica, vol. 37, pp. 257-288.

Whitehead, Alfred North (1956): *Proceso y Realidad*, Losada, Buenos Aires.

Zimmer, German H. (1996): "Carl Ludwig: The man, his time, his influence", *European Journal of Physiology*, Berlin, supp. 3, vol. 432

Obras de Carácter General

Ackerknecht, Erwin H. (1982): *A Short History of Medicine*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Ayala, Francisco J.: Dobzhansky, Theodosius (ed.) (1983): *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*, Ariel, Barcelona.

Barona, Josep Lluís (1991): "La Fisiología: origen histórico de una ciencia experimental", *Historia de la ciencia y de la técnica*, Akal, Madrid.

Castiglioni, Arturo (1941): *Historia de la Medicina*, Salvat Editores [Hispano-Americana], Barcelona.

Coleman, William (1983): *La Biología en el Siglo XIX. Problema de forma, función y transformación*, Fondo de Cultura Económica, México.

Ferrater Mora, J. (ed.) (2001): *Diccionario de Filosofía*, Editorial Ariel, Barcelona.

Fresquet Febrer, José L.: William Henry Welch, www.historiadelamedicina.org

Geymonat, Ludovico (ed.) (1985): *Historia del Pensamiento Filosófico y Científico*, Ariel, Barcelona.

Gomis Blanco, Alberto (1991), *La biología en el siglo XIX*, Ediciones Akal, Madrid.

Hull, David (1974): *Philosophy of Biological Science*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs Nueva Jersey.

Humber, J. M.; Almeder, R. F. (eds) (1997): *A Rebuttal on Health*, Humana Press, New Jersey.

Laín Entralgo, Pedro (ed.) (1974): *Historia Universal de la Medicina*, Salvat Ediciones, Barcelona.

Mason, Stephen F. (1986): *La historia de las ciencias*, Alianza Editorial, Madrid.

Manson, Stephen F. (1988): “La Ciencia en el Siglo XIX”, *Historia de las Ciencias*, Alianza Editorial, Madrid.

Ferrater Mora, J. (ed.) (2001): *Diccionario de Filosofía*, Editorial Ariel, Barcelona.

Rosenberg, Raben Wulff; Henrik R.; Pedersen, Stig A. (2006): *Introducción a la Filosofía de la Medicina*, Triacastela, Madrid.

Ruse, Michael (1990): *La Filosofía de la Biología*, Alianza, Madrid.

Singer, Charles y Underwood, E. Aeswort (1966): *Breve Historia de la Medicina*, Ediciones Guadarrama, Madrid.

Sober, Elliot (1996): *Filosofía de la Biología*, Alianza, Madrid.

ENGLISH SUMMARY

WALTER BRADFORD CANNON: THE PHYSIOLOGY INSTITUTIONALIZATION AT HARVARD UNIVERSITY DURING THE SECOND HALF OF THE 19TH CENTURY AND THE FIRST HALF OF THE 20TH

Walter Bradford Cannon is one of the most important figures of physiology of the first part of the 20th century. His description of the homeostatic processes is one of the most remarkable objects of his research. The term “homeostasis” that he coined constitutes one of the most important concepts in biology of the last two centuries. Cannon is one of the main representatives of holistic physiology along with others such as Lawrence Joseph Henderson and John Scott Haldane. His contributions led to the living organism being studied as a whole. To find the true nature of the particular parts of an organism, one has to pay attention to different levels (organs, systems, and the organism as a whole).

This dissertation points out a series of issues regarding Walter Cannon and his relation to the physiology laboratory at Harvard University. It also gives importance to the process of institutionalization of physiology in the United States that started at this university in the 19th century and was established in the first part of the 20th. The main intention of this work is to show how the scientific consolidation of physiology was established in the Harvard Laboratory which became the cradle of Walter Cannon’s academic life.

Summary

The first chapter is dedicated to demonstrating that holistic physiology is the response to the materialistic mechanism that was established during the 19th century. The mechanistic physiology was considered scientific because it confronted the vitalistic and the *Naturephilosophie* theories. Three reasons have been used to explain this fact: Aguste Comte’s Positivism, Darwin’s Evolution of Species Theory and the progress in physics and chemistry being applied to the field of biology. A fourth reason should be added to these: the institutionalization, that is to say, the setting up and

development of experimental laboratories of physiology research. This first chapter focuses on the consolidation of the mechanistic physiology, giving special attention to the institutionalization.

The second chapter continues to focus on the institutionalization of physiology with special attention on the United States at the end of the 19th century and the beginning of the 20th and especially to the founding of the Harvard Laboratory. This laboratory, created by Henry Pickering Bowditch, was later run by his disciple, Cannon. The Harvard Laboratory was developed from the Leipzig Laboratory model, the best example of a physiology institute of the 19th century. Leipzig Laboratory was founded by Carl Ludwig and was the core from which the mechanistic physiology was spread. In fact, Cannon's thought was the result of the physiology institutionalization that started in the second half of the 19th century in Germany. And this was, because his mentor, Henry Pickering Bowditch, stayed at the Leipzig laboratory under the direction of Ludwig. Bowditch learned the mechanistic methodology and assumed its epistemology principles. When he went back to the United States Bowditch founded the first laboratory of physiology at the Harvard Medical School. This chapter shows the chain of influences Ludwig-Bowditch-Cannon.

The next chapter is about Cannon's physiological research. Cannon inherited from Bowditch (and indirectly from Ludwig) the mechanistic model of physiology research. But as he progressed in his investigations, he began to have some doubts about the mechanical conception of the organism and eventually rejected this perspective in order to assume the holistic physiology. Nevertheless, he started in the mechanistic point of view and he changed this perspective progressively. It was through his experimental work that Cannon found some enigmas which led him to research higher levels, finally reaching the concept of the organism as a whole. Only with a chronological study of his life work is it possible to understand how his first investigations were mechanistic, and how he took his first steps into holism—with his Emergency Theory—and, finally, why the description of the homeostatic processes can be considered totally holistic.

The fourth chapter is oriented to the description of Cannon's scientific and philosophical environment. He was not the only holistic physiologist of the beginning of the 20th century; he got along with others physiologists and philosophers whose investigations and theories were in harmony with his. Two figures close to his academic

environment were Lawrence Joseph Henderson and Alfred North Whitehead. The first of them also worked as a lecturer and researcher in Harvard. The second one was an invited Philosophy lecturer there and also taught some lectures in the Lowell Institute. Cannon also collaborated with John Scott Haldane while in France during the First World War, and both kept in contact later. The chapter explains the development of their work and their philosophical ideas of the living organism. The main objective is to show if one influenced the other as normally believed or if their theories were proposed independently. Cannon as well as Henderson, Whitehead and Haldane can be considered organicists. For Garland Allen, Whitehead is the link that organizes and adds consistency to the holistic mechanism theory. Nevertheless, this idea is questioned in this chapter in order to show that each one of these two physiologies (Cannon and Henderson) achieved independently his philosophical support in his own theories.

Finally, the fifth chapter analyzes the philosophical concepts behind Walter Cannon's physiology research. In this sense, it is very important to discuss the influence that the *milieu intérieur* of Claude Bernard is supposed to have had in Cannon's conception of homeostasis. Many science historians have noted this influence, and, in a certain way, it is natural that they did given the fact that Cannon mentioned it in his book *The Wisdom of the Body*. Nonetheless, this part of the fifth chapter demonstrates that Cannon did not need to rely on the concept of the French physiologist. The origin of the homeostasis has to be found in Walter Cannon's own research. The unexpected results of some of his experiments (the denervated heart technique and the sympathectomy) led him to discover the importance of the autonomic nervous system in the stability of the organism.

Another issue in this chapter revealed that Cannon accepted the teleological conception of the organism, but only in its epistemology perspective. For him, it was very useful to question the purpose of the physiological processes in order to understand better the nature of the organic functions. His Emergency Theory and the description of the homeostatic processes are the results of this perspective. On the other hand, this teleology was not completely accepted in its ontological perspective. Cannon found many examples to illustrate that some mechanisms seem to lack a purpose or seem to work against the body's health and survival. The teleological assumption of Cannon in his epistemology perspective helped him to understand the feedback processes more profoundly thus laying the grounds for the future development of cybernetics.

Finally, the main objective of this work was to connect the philosophical and scientific ideas of Walter Cannon with the institutionalization of physiology at Harvard. The last part of this thesis shows the link between Cannon and the Harvard Laboratory which he ran from 1906 to 1942.

General Objective

To explain the historical, theoretical and philosophical aspects in the physiology of Walter Bradford Cannon through the influence he received from Henry P. Bowditch and indirectly from Carl Ludwig; a sequence which has its main link in the progressive institutionalization of physiology, owing to the development of the Leipzig Laboratory and the Harvard Laboratory.

Main Conclusions

- The institutionalization of physiology itself was one of the reasons that achieved the success of the mechanistic physiology over the vitalistic and the *Naturphilosophie* ideas. It brought with it the perfect scenario for the mechanistic research which cost the success and spread of mechanism.
- The best example of an experimental research institute in physiology was the Leipzig Laboratory, founded and run by Carl Ludwig. It became the pattern for other laboratories in different parts of the world, one of which was the Harvard Laboratory, founded by the disciple of Ludwig, Henry P. Bowditch. From that time these experimental investigation institutes became a central part of medical education. Through the founders of these institutes of physiology a chain of influence arose (Ludwig-Bowditch-Cannon) and finally reached Walter Cannon. It can be seen in the way they addressed their physiological researches (in an epistemological and methodological sense) and in the pedagogical conception of the medical instruction.
- Due to these influences, Cannon applied a method that managed physical-chemistry apparatus of measure and tried to make all his research quantitative. At the beginning, Cannon focused his research on the analysis of the separated parts of the human body, but as he progressed he started to investigate the human systems as a whole. Cannon found some enigmas during his experiments —such as the stoppage of the peristaltic movements—that led him change his reductionist point of view and

turn to research the higher levels of organizations: the effects of adrenaline and the influence of the autonomic nervous system. This, finally, made him turn his physiology into a holistic and teleological perspective (as can be seen in the Emergency Theory and the definition of homeostasis).

- Cannon shared a philosophical and scientific environment with important figures as Lawrence Henderson, John Scott Haldane and Alfred N. Whitehead. All of them understood the organism as a whole being of a complex organization. Nevertheless, there was not a determining influence among them, as some researchers suggest, such as Garland Allen, William R. Albury, Stephen J. Cross o Donald Fleming. The work of Henderson, Haldane, Whitehead and Cannon share many points of view, and there is evidence that bear witness to mutual knowledge of their work, but it can not be determined that they influence each other with their main ideas.
- The theoretical and philosophical points of view of Cannon were the following: A) His physiology was holistic and teleological in an epistemological perspective, but not necessarily in an ontological perspective. B) One of his last researches with Arturo Rosenblueth on the chemical mediation of nerve impulses helped him to better understand the feedback processes of the homeostasis. The reflections of Cannon on the teleological aspects in the living organism were the basis for the future studies of Rosenblueth, Norbert Wiener y Julian Bigelow that exposed the first concepts that give rise to cybernetic: the field that some time later Wiener developed deeply. C) In a methodological perspective, Cannon had an observational and quantitative rigor, as he used techniques and physical-chemistry apparatus of analysis. But he considered the creativity of the hypothesis a greater value than the quantifying experimentation. The roll of hypothesis was very important to Cannon, because he understood that this guided the investigator in answering any enigma. He always took care to test the inference and not go further that the real data obtained.
- Cannon was a main character in the spread of the institutionalization, not only as the director of the Harvard Laboratory, but as an heir to the passion for experimental investigation linked to this institutions. He also promoted institutionalization, demonstrated later by his disciple Arturo Rosenblueth who also designed and developed the first physiological laboratory in Mexico.